



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

António José dos Santos Coelho

Drawing Machines

Das máquinas de desenho à expressividade da linha

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Tecnologia e Arte Digital

Tecnologias e Sistemas de Informação

Trabalho efetuado sob a orientação do(s)

Professor Doutor Pedro Sérgio Oliveira Branco

Co-orientação de

João Martinho Moura

Dezembro de 2019

AGRADECIMENTOS

À Filipa, ao Miguel e Ana Teresa pelo apoio e infinita paciência!

Ao Professor Doutor Pedro Branco, pela abertura à forma como este projeto foi encarado desde o início, permitindo-me conceber um projeto que se demonstrou grande desafio. Um agradecimento especial ao amigo João Martinho Moura, pelo conhecimento, rigor e motivação extra nos momentos de maior dificuldade. Ao Luís Fraga, pela amizade e por embarcar desde o início nas mais loucas decisões do experimentalismo, sem o qual seria possível receber um Springer Award. Ao Engagelab, particularmente ao Sérgio Gonçalves, por estar aberto às minhas ideias e dúvidas, num apoio constante em todo o processo técnico que este projeto exigiu e à sua colaboração imprescindível nos workshops educativos. Ao Luís Fernandes e a toda a equipa do GNRation pelo acolhimento dos vários projectos inerentes, desde o ProcessingBraga aos PequenosMakers. Ao Miguel Pedro e Rafael e à cooperativa AUAUFEIOMAU, sempre disponíveis para tornar outros projectos realidade. À Ana Broega pela amizade e orientação, à Vanda pela amizade, inspiração e orientação na mudança de rumo! Ao incansável Bruno, pelo apoio incondicional, o futuro é agora!

RESUMO

Através das narrativas pictóricas gravadas nas paredes das cavernas durante a pré-história, a humanidade usou o desenho para expressar sentimentos e comunicar informações, muito antes de inventar a escrita. Os artefatos foram utilizados para ajudar os seres humanos nas tarefas da vida cotidiana e, da mesma forma, vários artefatos / utensílios foram utilizados para desenhar. Dando um salto para a metade do século 20, as máquinas ajudaram os artistas no processo de desenho / criação. Os artistas usavam artefatos não apenas no processo de criação, mas também usavam máquinas / artefatos como extensões de si mesmos.

O objetivo principal da dissertação consistiu no desenvolvimento experimental de um sistema robótico capaz de desenhar de forma autónoma, baseado na exploração de máquinas de desenho. Para contextualizar o principal objetivo do presente trabalho, foi realizado um estudo cronológico não linear sobre a evolução / uso de máquinas de desenho no processo de criação artística, com o objetivo de destacar importantes estatísticas históricas adaptadas e reinventadas de acordo com a tecnologia mais atual e em desenvolvimento; numa segunda fase, foram desenvolvidas e testadas máquinas de desenho em oficinas educacionais; a terceira fase foi subdividida em duas fases: a primeira fase consistiu na construção de um protótipo de hardware e software, e a segunda fase foi caracterizada pela adaptação e implementação do software desenvolvido usando uma máquina de maior precisão, a Line-us.

Com a implementação deste software no Line-us, verificou-se que os desenhos mostram uma expressividade de linha muito semelhante aos desenhos feitos por humanos, de modo que, através da pergunta num questionário sobre a autoria dos desenhos, as respostas são ambíguas quanto à máquina ou humano!

PALAVRAS-CHAVE

Máquinas de desenho, desenho, interação, multimédia

ABSTRACT

Through the pictorial narratives engraved into cave walls during prehistory, humanity used drawing to express feelings and communicate information, long before they invented writing. Artifacts were used to help humans in daily life tasks, and in the same way several artifacts/utensils were used to draw. Making a leap into the middle of the twenty century, machines helped artists in the drawing/creation process. Artists used artifacts not only in the creation process but also used machines/artifacts as extensions of themselves.

The dissertation main objective consisted on the experimental development of a robotic system capable of drawing autonomously, based on the exploration of drawing machines. In order to contextualize or main objective of the present work, a nonlinear chronological study on the evolution / use of drawing machines in the artistic creation process was carried out, aiming to highlight important historical statistics adapted and reinvented according to the most current and developing technology; in a second phase, drawing machines were developed and tested using educational workshops; The third phase was subdivided into two phases: the first phase consisted of building a hardware and software prototype, and the second phase was characterized by the adaptation and implementation of the software developed using a higher precision machine, Line-us.

With the implementation of this software in Line-us, it was found that the drawings show a line expressiveness very similar to the drawings made by humans, by asking a question about drawing authorship, the answers are ambiguous about the machine or human!

KEYWORDS

Drawingmachines, drawing, interaction, multimedia

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Índice de Figuras.....	xi
1. Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 Introdução	1
1.2 Motivações	4
1.3 Objectivos.....	5
1.4 Descrição dos capítulos	6
2. Capítulo 2 – Contextualização	9
3. Capítulo 3 - Máquinas e Autores	16
3.1 - Autómatos.....	17
3.2 – Jean Tinguely	19
3.3 – Desmond Paul Henry	20
3.4 - Ivan Sutherland, Sketchpad	21
3.5 - Frieder Nake.....	23
3.6 - A. Michael NOLL	25
3.7 – Georges Nees	26
3.8 - Vera Molnar	27
3.9 - Manfred Mohr.....	29
3.10 - Harold Cohen	29
3.11 - Angela Bulloch.....	30
3.12 – Rebecca Horn	31
3.13 – Olafur Eliasson.....	32
3.14 – Leonel Moura	34
3.15 - Sam van Doorn.....	35
3.16 - Sandy Noble	36
3.17 - Paul Ferragut.....	37
3.18 – Harvey Moon.....	38

3.19	– Saurabh Datta.....	39
3.20	– Patrick Tresset	40
3.21	- Line US – Rob Poll & Durrell Bishop	41
4.	Capítulo 4 - Máquinas de desenho	44
4.1	- Drawing.Bots / Serviço Educativo – GNRation.....	44
4.2	- Drawing Arm Machine	46
5.	Giacó.Bot.....	54
5.1	- Uma máquina de desenho	54
5.1.1	- Os métodos de recolha de dados.....	57
5.1.2	- As técnicas de recolha de dados	57
5.1.3	- Execução do teste	59
5.1.4	Resultados	61
6.	Capítulo 6 – Exibições (apresentações públicas)	63
6.1	- Semibreve (giaco.bot) Semibreve – GNRation.....	64
6.2	- Livraria Centésima Página	67
6.3	- FBAUP.....	68
6.4	- Diário Gráfico	71
7.	– Conclusão	72
	Referências Bibliográficas	75
	Anexo I – Questionário.....	77
	Questionário V1 : Semibreve 2018.....	77
	Idade:_____ M F _____ Grau	
	Académico_____	77
	Sim Não	77
	Anexo II – Software	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Alberto Giacometti, Portait d`homme	1	
Figura 2 Véu de Alberti.....	3	
Figura 3- NeoLucida, Pablo Garcia e Golan Levi.....	4	
Figura 4 - Cibernetic Serendipity_Catálogo 1ª Exposição de Computer Art.....	14	
Figura 5- Le Dessinateur de Jaquez Croz	Figura 6-Retrato de Luís XIV	18
Figura 7- "Draughtsman-Writer" por Henri Maillardet.....	18	
Figura 8- "Draughtsman-Writer" por Henri Maillardet.....	19	
Figura 9-Meta-matic ,1959 , Jean Tinguely	19	
Figura 10-Desmond Paul Henry (1921-2004).....	20	
Figura 11- Desmond Paul Henry.....	21	
Figura 12-Ivan Sutherland - Sketchpad 1962	21	
Figura 13-Ivan Sutherland - Sketchpad 1962	22	
Figura 14-Frieder Nake, Nr. 20 Zufälliger Polygonzug 1964 , 21.1x 15.1 cm.....	24	
Figura 15-Michael Noll, Gaussian Quadratic, © AMN 1965 1962	25	
Figura 16-George Nees.....	27	
Figura 17-Vera Molnar	27	
Figura 18-Manfred Mohr.....	29	
Figura 19-AARON by Harold Cohen.....	30	
Figura 20 “Constructoatrato Drawing Machine Red”, Angela Bulloch.....	31	
Figura 21- "The Painting Machine", Rebecca Horn	32	
Figura 22 - "Connecting cross country with a line”, Olafur Elliason	33	
Figura 23-Swarm Robots, Leonel Moura.....	34	
Figura 24- "STYN" a drawing machine that records the chaos of pinball, Sam van Doorn	35	
Figura 25 - Polargraph, Sandy Noble.....	36	
Figura 26- time print machine, Paul Ferragut,	38	
Figura 27-Harvey Moon.....	39	
Figura 28-Teacher by Saurabh Datt.....	40	
Figura 29- Paul the robot, by Patrick Tresset,.....	41	
Figura 30-Line-Us, by Durrell Bishop e Rob Poll.....	42	

Figura 31 Vibrobots, - Pequenos Makers,GNRation	46
Figura 32-Prótipo de Braço de desenho	48
Figura 33- protótipo drawing arm machine	49
Figura 34 -Servo motor - Tower PRO SG 50 10	50
Figura 35- Arduíno e servomotor	50
Figura 36-Inverse Kinematics	51
Figura 37- inverse kinematics, abordagem geométrica.....	52
Figura 38-inverse kinematics, abordagem geométrica.....	52
Figura 39- lei dos cossenos.....	53
Figura 40 - primeiros desenhos com line-us e algortimo em processing	56
Figura 41- giaco.bot com line-us e algortimo em processing	56
Figura 42- Tabela inquérito TOI.....	60
Figura 43 - desenhos Semibreve-GNRation	66
Figura 44 - desenhos - centésima página.....	67
Figura 45- Faculdade de Belas Artes do Porto	68
Figura 46 – desenhos efetuados na Faculdade de Belas Artes do Porto	69
Figura 47- Faculdade de Belas Artes do Porto	70
Figura 48- diário gráfico	71

1. CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

"Nunca encontrei ninguém completamente incapaz de aprender a desenhar."

John Ruskin, intelectual inglês do século 19



Figura 1 - Alberto Giacometti, Portait d'homme

1.1 Introdução

"A obra [pintura] depende da circunscrição [desenho] e, para a conseguir muito bela, considero que nada pode ser mais adequado do que o véu que, entre os meus amigos, eu chamo a intersecção e o qual fui o primeiro a descobrir. É assim: um véu de fios muito ténues e tingido da cor desejada, dividido por fios grossos em várias secções quadradas paralelas e estendido numa grade. Situo-o entre o olho e o objecto a representar, para que a pirâmide visual passe através da transparência do véu."

Alberti, Leon Battista – La Pittura, tradução (Fernandes et al., n.d.)¹

1 Diasi dunque opra a la circoscrizione, a laquale per volerla benissimo imparare giudico, che non si possa trovare cosaa alcuna piu accomodata, che quel velo, ilquale io sono usato fra gli amici miei chiamar taglio. Ilquale è di questa sorte. Io ordino un velo di filo sottilissimo, e tessuto raro, tinto di qual si voglia colore, distinto di fila piu grosse in portioni parallele in quanti gradi mi piace, e disteso in su un telaro; ilquale metto, che s'habbia a rappresentare trai l corpo, e l'occhio; accioche la piramide visiva passi per

"Máquina de desenho" é uma abreviatura para qualquer dispositivo / aparelho / mecanismo / auxílio / instrumento que desenha ou auxilia no ato de desenho. Desde o início de 1400, quando a perspectiva linear definiu uma ambiciosa agenda de matemática e geometria para codificar a visão, artistas, cientistas e inventores criaram dispositivos para auxiliar o desenho. E isso não se limita a "desenhar realisticamente a partir da vida" (Kushuns, 2012). Os prismas anexados a microscópios, engrenagens e ligações que se unem para realizar desenhos geométricos complexos e ferramentas de desenho intrincadas e especializadas também são máquinas de desenho. As regras básicas para uma máquina de desenho, deve controlar um riscador. A palavra riscador serve para definir o ponto que deixa uma marca ou linha num qualquer suporte, quando aplicada uma determinada pressão sobre esse suporte. O riscador pode ser, lápis, pena, cana de bambu, pincel...etc. No século 21, isso também inclui elementos capacitivos que tornam ecrãs sensíveis ao toque. Quando usado para desenhar a partir do real, uma máquina de desenho insere-se no circuito: olho-mão-riscador. À medida que o artista segura um riscador na mão, cujos movimentos são coordenados pelos olhos, a máquina de desenho pode orientar a camera (olho) ou controlar a caneta ou aumentar a mão. Ao funcionar como uma plotter, uma máquina de desenho pode ser uma máquina autónoma ou semi-autónoma, um conjunto de engrenagens humanas ou ligações mecânicas, que gera automaticamente uma imagem através de uma caneta mantida na máquina. A máquina reduz o erro do desenho manual, facilita atividades de desenho complexas ou desenha construções invisíveis ou abstratas, como fórmulas matemáticas (Garcia & Levin, 2013)

O desenho mudou no início do Renascimento graças a Filippo Brunelleschi. Por volta de 1415, desenvolveu um método matemático para tornar imagens realistas, conhecido como perspectiva linear. Esta técnica permaneceu inédita até Leon Battista Alberti produzir "On Painting" (Alberti, Kemp, & Grayson, 1991) em 1425. Ele não descreve apenas o método detalhadamente complexo para desenhar uma perspectiva, descreve sim um "atalho" no último capítulo, Battista chama-o de "il vélo": o véu.

"Este véu coloco-o entre o olho e a coisa vista, então a pirâmide visual penetra através da magreza do véu. Você sabe o quão impossível é imitar uma coisa que não continua a apresentar a mesma aparência, pois é mais fácil copiar a pintura do que a escultura. Portanto, o véu será, como eu disse, muito útil, já que é sempre o mesmo no processo de ver. Para saber: fazer uma tela física para desenhar o tridimensional num plano bidimensional. O capítulo final do primeiro tratado sobre perspectiva linear apresenta o primeiro aparelho de desenho."

le rarità del velo." ALBERTI, Leon Battista – La Pittura (Traduzione di Lodovico Domenichi). Bologna: Arnaldo Forni Editore s.r.l., 1988 (1ª ed. 1547), pp. 22-22v

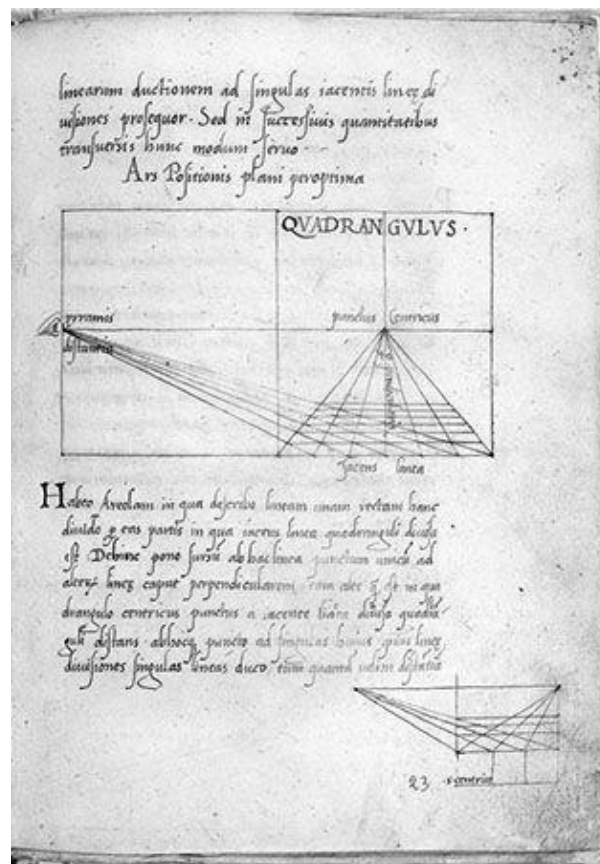


Figura 2 Véu de Alberti



Figura 3- NeoLucida, Pablo Garcia e Golan Levi

1.2 Motivações

Aquilo a que chamamos desenhar, pode ser definido de várias formas, (Gómez Molina, 2002) a que melhor define, é o ato de “tornar visível”. Perante uma superfície vazia, o mais difícil, é formar uma declaração visual dos nossos conhecimentos. O ato de desenhar e a imagem resultante, envolve física, mental e emocionalmente quem o pratica e guarda os registos pictóricos desse envolvimento.

Existe uma motivação forte, quando passamos a usar máquinas de desenho para fazer estes registos pictóricos, estando estas desprovidas do processo mental e emocional, não deixando por isso o ato de “tornar visível”. O pensamento de incorporação da tecnologia é intrigante, com o benefício adicional de qualquer pessoa poder usá-la para entender e melhorar determinados fenómenos, neste específico, o de desenhar. Isso é o que o desenvolvimento no mundo dos objectos tangíveis, é tão promissor nos dias de hoje. Por outro lado, sempre gostei da “robótica bricolage” e do Do It Yourself (DIY), e sempre quis ter algo nas minhas mãos, construído por mim e que pudesse colocar qualquer um a desenhar através de algoritmos.

1.3 Objectivos

“...As linhas traçadas sobre um papel constituem uma linguagem plástica de expressão, e esta expressividade pode ser determinada pela relação com as coisas reais que conhecemos. A expressividade e o ritmo da linha são uma questão de associação de ideias. Por se tratar de um meio de expressão plástica, nem sempre vão sugerir as mesmas coisas para quem as observa...”(Kandinsky, 1947)

Para a apresentação nesta dissertação, são utilizados sistemas robóticos como desenhadores, a concepção, programação e execução de desenhos, com recurso a máquinas programadas com algoritmos, produzem linhas com expressividade e perceber se no desenho com máquinas existe, apesar destas estarem despojadas de emoções, podem produzir resultados pictóricos semelhantes aos mais expressivos e emocionais desenhos humanos. A diferença da expressividade no desenho, conforme se alteram os algoritmos, o estado da máquina, seus riscadores e diferentes suportes, permitirão que no final do projeto, tenha disponível um diário gráfico, com um conjunto de desenhos expressivos desenhados por máquinas, que servirão de suporte a esta tese.

Os objectivos passam por 3 estados, sendo o primeiro, demonstrar que conseguimos programar máquinas de desenho capazes de executar registos expressivos com recurso a linhas, segundo, ensinar e construir simples máquinas de desenho com crianças sem as programar e obter registos pictóricos similares aos produzidos na arte generativa² (Galanter, 2003), terceiro, o desenvolvimento do software necessários para controle do sistema dando um contributo com software para uma comunidade global opensource com um algoritmo associado a um modelo de máquina de desenho mais atual do mercado.

Construir uma máquina de desenho, que vai suportar esta análise, e começar por descrever as motivações, relacionadas com a prática, e a sua contextualização para a formação da motivação que é proposta.

² A arte generativa refere-se a arte que, no todo ou em parte, foi criada com o uso de um sistema autónomo.

Também uma proposta de desenvolvimento de um sistema robótico, com capacidade de desenhar através de algoritmo.

1.4 Descrição dos capítulos

A presente dissertação apresenta uma componente teórica e uma componente de carácter experimental... após a introdução no capítulo 1 está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta uma contextualização de alguns conceitos, que foram a base para o início de desenvolvimento das máquinas de desenho que pretendi pesquisar.

O capítulo 3 é apresentado/efectuado um estudo histórico sobre os autores e as máquinas mais relevantes dos últimos 200 anos, dando especial relevância aos sec.20 e sec.21, iniciando com os autómatos mecânicos de Jaquet-Droz e terminando com sistemas machine-learnig e inteligência artificial. É um resumo histórico e uma visão geral sobre alguns dos principais sistemas de máquinas de desenho, dando especial destaque às máquinas que funcionam de forma autónoma, são programáveis, seus principais autores e algoritmos atuais, (Coelho, António, Branco, Pedro, Moura, 2019). No capítulo 4 descrevo as atividades de experimentação e construção de algumas máquinas de desenho, com as quais tentei obter registos pictóricos da linha com a expressividade necessária.

O capítulo 5 é dedicado ao desenvolvimento do Giaco.bot, e o Capítulo 6 refere-se à apresentação dos projectos em exibição e seus resultados, no Festival Semibreve2018, GNRation, Centésima Página, ProcessignCommunityDay2019, FBAUP – PCD 2019, e na conferência Intetain2018 – Smartcitys360º Guimarães.

2. CAPÍTULO 2 – CONTEXTUALIZAÇÃO

"Drawing is taking a line for a walk." Paul Klee

Para a contextualização da incorporação das mais recentes máquinas de desenho que utilizo neste trabalho, venho descrever alguns conceitos e teorias que foram desenvolvidas em épocas anteriores.

Neste sentido, começo por referir a importância da Cibernética e algoritmos, como base no desenvolvimento destas máquinas de desenho.

A origem e significado do termo "cibernética" foi originalmente cunhado pelo matemático e físico francês André Marie Ampère (1775-1836) (Williams, 1989) em referência à ciência política. Na década de 1940, o matemático americano Norbert Wiener, geralmente reconhecido como o fundador da ciência cibernética, recupera o termo da palavra grega kubernetes (timoneiro, aquele que dirige o barco) no seu livro "Cybernetics: or the control and communication in the animal and the machine" (Robinson, 1963). Segundo Wiener, a cibernética desenvolveu um método científico que utiliza a teoria da probabilidade para regular a transmissão e retorno (feedback) de informações como um meio de controlar e automatizar o comportamento de sistemas mecânicos e biológicos. A Cibernética usa um paralelismo entre as formas de comunicação das máquinas, como computadores, e o processo do cérebro humano no processamento de informações. Os livros "Design for a Brain" (Ashby, 1999) e "The Brain as Computer" (George & Kerkut, 1961), foram as primeiras obras importantes e sugeriram o início da ligação entre cibernética, teorias da informação e inteligência artificial. Em simultâneo com o desenvolvimento da cibernética, o campo intimamente relacionado das teorias da informação também estava preocupado com o comportamento dos sistemas de comunicações e, em particular, a precisão com que a fonte de informação podia ser codificada, transmitida, recebida e decodificada (decoded). Em geral, as teorias pertenciam às mensagens que ocorriam nos meios de comunicação convencionais, rádio, telefone ou televisão, e os sinais envolvidos nos computadores, mecanismos e outros dispositivos de processamento de dados, existindo similaridade nesta teoria quando aplicada aos sinais utilizados pelas redes neuronais dos seres humanos e outros animais. Wiener imaginou a

cibernética como podendo ser um método para regular o fluxo de informações, os modelos oferecidos na teoria de informação podem explicar certos aspectos do modo como as mensagens fluem através de feedback e loops, entre vários componentes inter-relacionados, a fim de prever e controlar o comportamento de todo o sistema.

A Cibernética poderia facilitar a automação, permitindo que um sistema se torna-se auto-regulador e portanto, manter um estado de equilíbrio operacional. Na Europa e América do Norte, o conceito de "feedback" tornou-se um pouco difundido na década de 1960, entrando na linguagem popular como um termo comum para troca verbal de ideias e como será discutido, acabou por ser incorporado na música pop e arte experimental através do feedback dos instrumentos musicais e câmaras de vídeo. Para resumir, a cibernética relaciona-se de várias formas:

Os fenômenos são fundamentalmente contingentes, o comportamento de um sistema pode ser determinado probabilisticamente. No que se refere à transferência de informação, animais e máquinas têm funções e maneiras muito semelhantes, por esse motivo, uma teoria unificada desse processo pode ser articulada.

Regulamentando a transferência de informações, o comportamento de seres humanos e máquinas pode ser automatizado e controlado. A Cibernética faz uma mudança fundamental para longe da tentativa de analisar o comportamento das máquinas ou seres humanos como independente e fenômenos absolutos. O foco da investigação torna-se na dinâmica e processos contingentes pelos quais a transferência de informação entre máquinas e/ou humanos altera o comportamento no nível de sistemas.

Mas, aqui a parte que interessa referenciar é sobre a arte. A cibernética teve um impacto decisivo, mediado pelo contexto estético que coincidiu com o surgimento da teoria científica no final de 1940, e pela complementaridade entre cibernética e tendências centrais da arte experimental do século 20. A Arte do Pós-II Guerra Mundial, teve um enfase sobre os conceitos do processo, sistema, meio ambiente e participação do público, a cibernética foi capaz de ganhar valor artístico, como um modelo teórico para articular as relações sistemáticas e processos entre (loops e feedback), incluindo o artista, arte, público e meio ambiente. Deste modo, a arte cibernética faz parte da arte contemporânea, que tem como referência toda a teoria científica da Cibernética, onde os feedback envolvidos no processo têm precedência sobre interesses tradicionais estéticos e materiais. Na ausência de um terreno comum, é possível que a cibernética

possa não ter sido pensada para a arte, ou que teria sido acomodada numa mudança no início muito diferentes da pintura. Nicolas Schöffer (1956) é visto como o criador da primeira obra de arte com a escultura CYSP, (sigla das palavras " cibernética" e "SPatiodynamic") que usa explicitamente características cibernéticas. O artista Roy Ascott (Shanken, 2001) elaborou uma extensa teoria da arte cibernética no livro "Behaviourist Art and the Cybernetic Vision" (Ascott, 2002), Shanken, historiador de arte, tem escrito sobre a história da arte e da cibernética em ensaios, incluindo "Cybernetics and Art: Cultural Convergence" (Clarke, Henderson, & From, 2002) na década de 1960 e "Telematics Embrace, visionary theories of art, technology and consciousness" (Bash, 2003) que traça a trajetória do trabalho de Ascott sobre arte cibernética, a arte telemática (arte que utiliza redes de computadores como seu meio, precursora da net.art).

Os efeitos visuais do feedback eletrónico tornaram-se um foco de investigação artística na década de 1960, quando o equipamento de vídeo chegou pela primeira vez ao mercado consumidor. Steina e Woody Vasulka, por exemplo, usaram "todos os tipos e combinações de sinais de áudio e de vídeo para gerar feedback eletrónico através dos seus meios correspondentes"(Vasulka, 1995). Com trabalhos relacionados por Edward Ihnatowicz, Wen Ying - Tsai e o cibernético Gordon Pask e da cinética animista de Robert Breer e Jean Tinguely, a década de 1960 produziu uma linhagem de arte "Cyborg"³, que estava muito preocupada com os circuitos compartilhados dentro e entre os vivos e os tecnológicos. Uma linha de teoria da arte cyborg surgiu também durante a década de 1960. Escritores como Jonathan Benthall, Gene Youngblood e William Gibson, introduzem o Cyberpunk⁴ como um novo termo, no seu Livro "Neuromancer" (Punter & Punter, 2017), Gibson aplica uma visão futurista da cibernética. As contribuições mais substanciais aqui foram do artista britânico e teórico Roy Ascott com seu ensaio na revista Cybernetica (1976), e do crítico e teórico americano Burnham, Jack. Em "Além da Escultura Moderna " de 1968, ele constrói arte cibernética numa extensa teoria que gira em torno da unidade de arte de imitar e, finalmente, reproduzir a vida.

3 Cyborg é um organismo cibernético, isto é, um organismo dotado de partes orgânicas e cibernéticas, geralmente com a finalidade de melhorar suas capacidades utilizando tecnologia artificial. Foi inventado por Manfred E. Clynes e Nathan S. Kline em 1960

4 Cyberpunk, é um subgênero da ficção científica, conhecido por seu enfoque de "Alta tecnologia e baixo nível de vida" ("High tech, Low life") e toma seu nome da combinação de cibernética e punk.

Os principais teóricos da arte e historiadores neste campo incluem Christiane Paul, Frank Popper, Christine Buci-Glucksmann, Dominique Moulon, Robert C. Morgan, Roy Ascott, Margot Lovejoy, Edmond Couchot, Fred Forest e Edward A. Shanken.

Regressando a Roy Ascott, este exemplifica como ideias derivadas da estética, biologia e filosofia poderiam resultar na criação de um visual analógico para a Cibernética, mesmo que o artista não tivesse conhecimento da teoria científica. De um modo mais geral, este exemplo mostra como vários campos e disciplinas podem produzir de forma independente formas homólogas em resposta a um conjunto mais ou menos comum de exigências culturais. O trabalho de Ascott como artista, professor e teórico também indica como a flexibilidade da cibernética permitiu ser aplicado a uma grande variedade de contextos sociais. No entanto, esta qualidade programática na aplicação da cibernética dá razão para pausa: por uma vez, que ideias relacionadas já tinham sido incorporadas na estética de meados do século, os artistas tinham uma riqueza de ideias a partir da qual derivam e desenvolveram estratégias formais, métodos pedagógicos e exegeses teóricas. Por outras palavras, as realizações que foram feitas nas artes visuais, sob a base da cibernética poderiam muito bem serem conseguidos na ausência do referido modelo científico. Talvez por este motivo a Cibernética, caiu em desuso e é apenas conotado historicamente no período dos anos 60/70. Como resultado, a cibernética foi transformada pelas mãos dos artistas a partir da ciência, em arte. Também oferece um modelo para explicar como as ideias que surgiram no domínio da arte experimental que eventualmente se espalhou pela cultura em geral. Ascott teorizou essa transferência em termos de uma série de laços de feedback interligados, de tal forma que as informações relacionadas para o comportamento de cada elemento é partilhado e trocado com o de outros, regulando o estado do sistema como um todo. Tal é o caso com a própria teorização de Ascott, que em 1966, das colaborações de interdisciplinaridade de mais redes de computadores, um conceito que se tornou o foco central de sua teoria e prática, em 1980 e posteriormente popularizada através da multimédia, baseados na web na década de 1990. Em conclusão, Ascott baseou-se na cibernética para teorizar um modelo de como a arte pode transformar a cultura. Ele insistia particularmente, que na cibernética havia um local para prescrição simples de forma a remediar a crise da arte moderna, mas representou o potencial para o reordenamento de valores sociais e reformular o que constituía conhecimento e ser. Em 1968, ele escreveu: “Aqui, Ascott apostou uma reivindicação apaixonado e ambicioso para a significado da arte concebida como um sistema cibernético”. Para ele, em última instância acredita que a arte

cibernética poderia desempenhar um papel importante na mudança da consciência humana, e, assim, transformar a forma como as pessoas pensam e se comportam numa escala social. A reivindicação visionária de Ascott é impossível de provar ou refutar. No entanto, na década de 1990, a cibernetica torna-se tão entrelaçada no tecido industrializado do ocidente que a evolução tecnológica deu origem a novos significados e termos que vieram substituir e tornar obsoletos outros que na Cibernética eram pilares.

No seguimento da sugestão feita pelo filósofo alemão Max Bense sobre a estética generativa, Jasia Reichardt começou no outono de 1965 os preparativos para uma exposição intitulada "Cybernetic Serendipity" (Reichardt, 1968). De agosto a outubro de 1968, o London Institute of Contemporary Arts exibiu predominantemente exemplos da utilização de computadores na arte, literatura e música. Depois de Reichardt, 60.000 pessoas visitaram a exposição "O computador e as artes" (Reichardt, 1968). Ao lado de esculturas cibernéticas de Edward Ihnatowicz e Gordon Pask, "CYSP 1" foram expostas pela primeira vez em "Cybernetic Serendipity". Esta exposição serviu, sem dúvida para defender e fundamentar a estética generativa, criada por Max Bense, onde refere que a estética relativa à computação é "generativa" usando uma analogia visual à gramática generativa de Noam Chomski.

Em 1968 demonstram o status de desenvolvimento de trabalhos tridimensionais que reagem às ações dos visitantes. O catálogo da exposição (fig. 4) e duas publicações mais tarde editadas ou escritas por Reichardt documentam o desenvolvimento da arte para e com o computador.

5 estética relativa à computação é "generativa" usando uma analogia visual à gramática generativa de Noam Chomski.

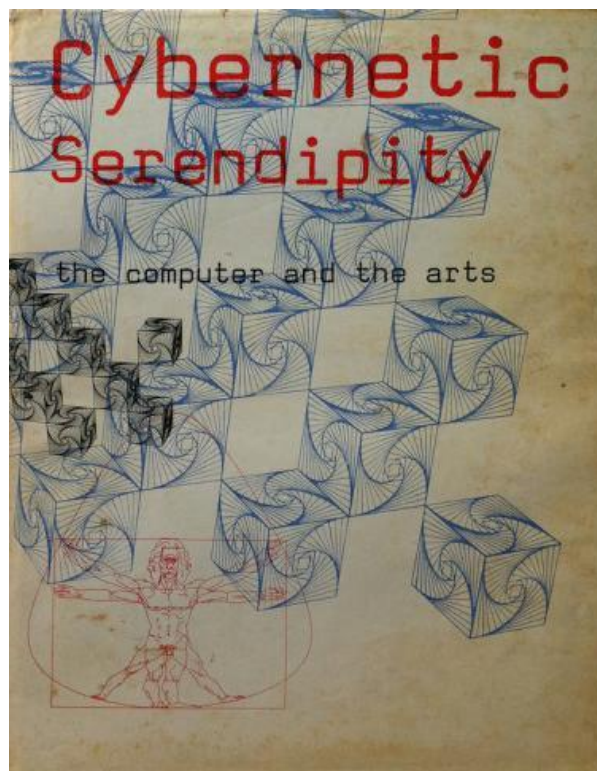


Figura 4 - Cibernetic Serendipity_Catálogo 1ª Exposição de Computer Art

“Generative aesthetics therefore implies a combination of all operations, rules and theorems which can be used deliberately to produce aesthetic states (both distributions and configurations) when applied to a set of material elements. Hence generative aesthetics is analogous to generative grammar, in so far as it helps to formulate the principles of a grammatical schema—realizations of an aesthetic structure.” Max Bense, 1968

“Geralmente assumimos e pensamos que o ser humano, devido à sua capacidade cognitiva, percepção, consegue tornar visível, aquilo que vê, e designamos esse processo por desenho. Mas o que acontece quando as máquinas produzem desenhos, não tendo essa capacidade de percepção? Tornam-se, estas não-desenhadores? O que significa a retirada aparente do artista a partir do ato criativo, e quais são as consequências dessa ação para a originalidade e singularidade da obra de arte? O que é, então, a obra de arte: a máquina, o produto ou o ato de o produzir? (“Drawing isn’t just an art form, it’s also a tool. - Big Think,” n.d.) Começando com as máquinas de Jean Tinguely na década de 1950 e continuando até ao presente, a exposição - Art Machines - Machine Art, concebida em conjunto pela Schirn e o Museu Tinguely em Basileia, possui máquinas

de arte que têm uma coisa em comum: produzem arte por si próprias. Máquinas de artistas como Angela Bulloch, Antoine Zraggen, Andreas Zybach, Cornelia Sollfrank, Damien Hirst, Jon Kessler, Lia, Miltos Manetas, Rebecca Horn, Olafur Eliasson, Tim Lewis e Steven Pippin, transformam espaços de arte em espaços de produção. Graças ao processo mecânico de produção, os visitantes podem levar para casa vários dos trabalhos, como os desenhos de máquinas Tinguely e folhas de Damien Hirst e Olafur Eilasson. Outras, obras digitais, que podem ser produzidas pelos visitantes na exposição ou na Internet através de websites de Lia ou Miltos Manetas. Desta exposição destaco as obras das máquinas de Angela Bulloch e de Rebeca Horn, pelo facto da sua estrutura mecânica ser similiar com algumas máquinas de desenho estudadas neste documento.

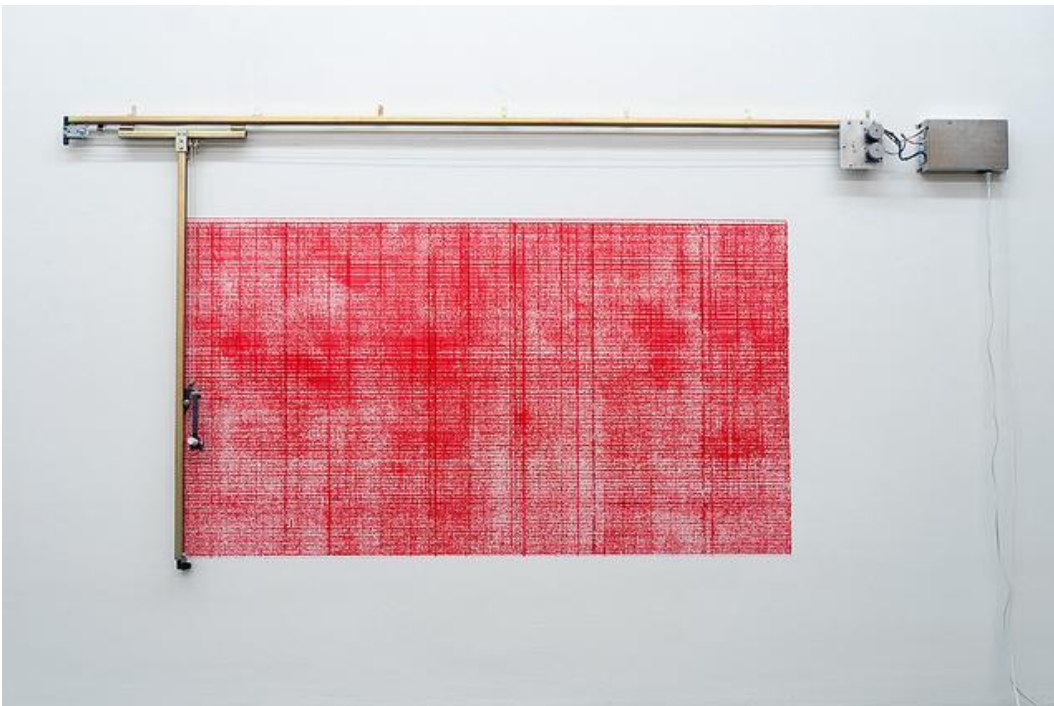


Figure 5 “Constructostrato Drawing Machine Red”, Angela Bulloch

3. CAPÍTULO 3 - MÁQUINAS E AUTORES

“Everything is moving more than ever in the present age – totally and absolutely. What I mean is that movement is really something that we are now feeling in every way – through the machine and through the mechanisation of our age.” Jean Tinguely

3.1 - Autómatos

Os autómatos de Jaquet-Droz, construídos pelo relojoeiro Pierre Jaquet-Droz e seus filhos Henri-Louis Jaquet-Droz e Jean-Frédéric Leschot, designam três máquinas fabricadas pelo trio entre 1768 e 1774, “a musicista, o desenhador e o escritor. As máquinas são consideradas ascendentes remotas dos computadores modernos, são autómatos, que ainda funcionam e podem ser vistos no Musée d'Art et d'Histoire de Neuchâtel, na Suíça. Foram planeados e construídos pelos Jaquet-Droz e Leschot como brinquedos para publicidade e entretenimento, com o intuito de aumentar as vendas de relógios entre a nobreza da Europa no século XVIII.

Ao longo da história, o conjunto de autómatos foi perdido e recuperado várias vezes, até que em 1906, a Sociedade de História e Arqueologia de Neuchâtel comprou-os por 75.000 francos em ouro e fez a doação dos mesmos ao museu, onde permanecem até hoje.

No âmbito desta tese destaco o pequeno e incrível autômato chamado simplesmente "Le Dessinateur", projetado em dois anos, 1772-1774, semelhante aos outros 2 modelos em tamanho, no entanto, difere na sua abordagem, pois chama a atenção, movendo a mão sobre o papel. O cão, o retrato de Louis XV, um casal real britânico e uma borboleta, são os desenhos possíveis de realizar por este autômato. O mecanismo é menos complexo do que a do modelo “l'Ecrivain”, mas a sua atitude e gestualidade espontânea, no entanto, são muito mais dramáticos e expressivos, e mimetisa a realidade, como o pormenor do desenhador usar o sopro sobre o desenho para expulsar a poeira deixada pelo grafite do lápis.

Jaquet Droz - foi um dos maiores designers de autómatos de todos os tempos e o “l'Ecrivain” é considerado a sua “pièce de résistance”. No exterior, o dispositivo é extremamente simples. Um menino pequeno, descalço, sentado numa mesa de madeira que segura uma pena, facilmente confundido com uma boneca de brincar. Mas os intrincados pequenos componentes amontoados no interior são uma maravilha da engenharia: 6.000 componentes feitos sob encomenda a trabalhar em conjunto para criar uma máquina de escrever programável totalmente auto-suficiente que alguns consideram ser o mais antigo exemplo de um computador.



Figura 5- Le Dessinateur de Jaquet-Croz



Figura 6- Retrato de Luís XIV



Figura 7- "Draughtsman-Writer" por Henri Maillardet

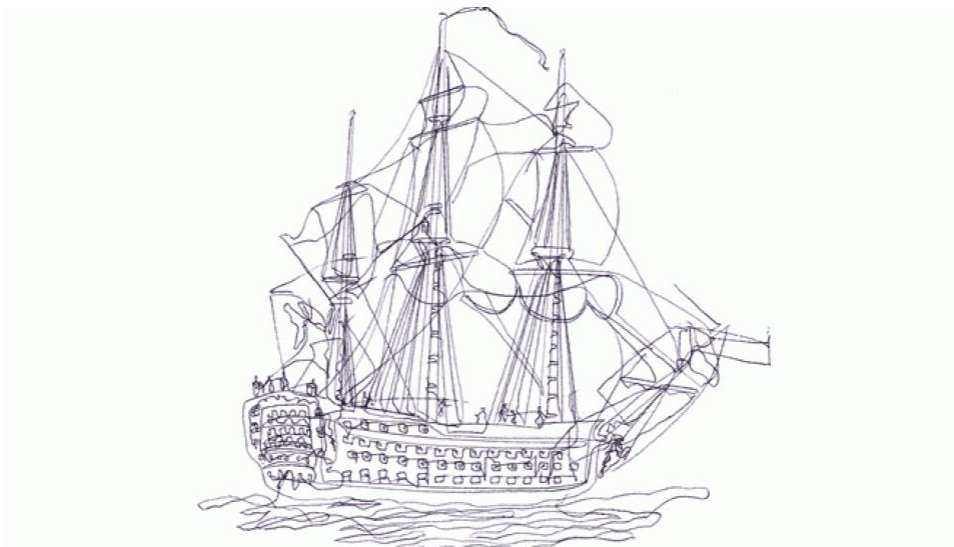


Figura 8- "Draughtsman-Writer" por Henri Maillardet

3.2 – Jean Tinguely

Em meados do século 20, Jean Tinguely tornou-se famoso pelas suas máquinas cinéticas e figura entre os grandes artistas pioneiros, para ele, tudo tinha que ser diferente, e acima de tudo ter movimento, alguns dos seus mecanismos eram máquinas de desenho. No centro de seu trabalho havia uma preocupação com a máquina. O que mais lhe interessava era como as máquinas funcionavam e como se moviam.

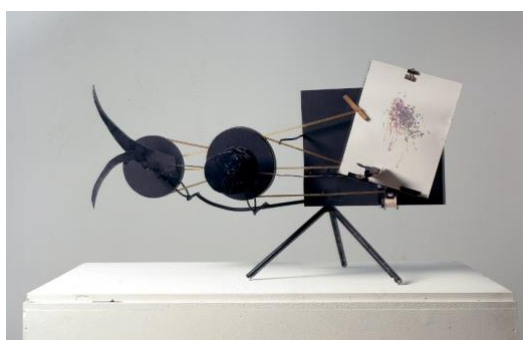


Figura 9-Meta-matic ,1959 , Jean Tinguely

3.3 – Desmond Paul Henry

Com o surgimento da Arte Cinética⁶, temos o aparecimento das máquinas de desenho do Britânico Desmond Paul Henry. Desmond Paul Henry é um dos pioneiros da arte computacional dos anos 60. Durante este período, construiu três máquinas de desenho, recorrendo a diversos computadores analógicos baseado no sistema de computador analógico dos bombardeiros, em combinação com outros componentes que Henry acabou de adquirir para sua oficina em Whalley Range, Manchester) e (O’Hanrahan, 2018). Estas máquinas, ligadas a ‘computadores’ utilizados na 2ª guerra mundial que calculavam as trajetórias de bombas, lançadas desde os aviões. Uma destas máquinas de desenho e registos pictóricos, estiveram expostos na Cybernetic Serendipity,(Reichard, 1968) a 1ª exposição de arte e tecnologia, em 1968. Estes dispositivos não podiam ser totalmente programados e o autor podia intervir durante o processo. Estas máquinas de desenho de Henry produziram desenhos de linha abstratos, curvilíneos e repetitivos. Henry comparou estes registos estranhamente orgânicos às parábolas descritas na matemática de forma natural ou produzidas usando harmonógrafos⁷ de pêndulo e tornos geométricos ornamentais.

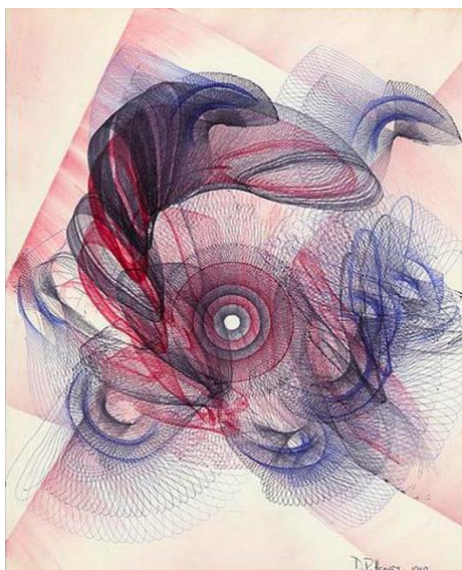


Figura 10-Desmond Paul Henry (1921-2004)

⁶ A arte cinética tenta partir toda a situação estática da pintura e da escultura, apresentando a obra como um objeto móvel, que não traduz não apenas ou representa movimento, mas é ela própria movimento.

⁷ Harmonógrafos

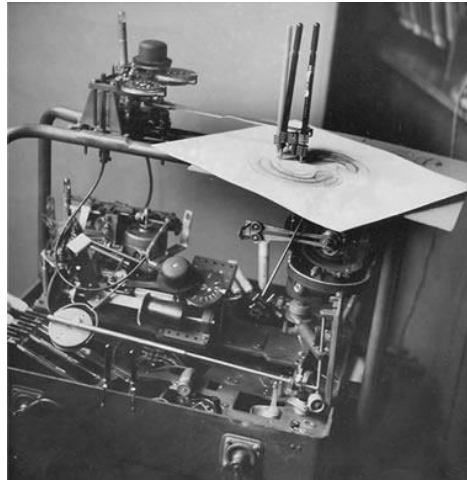


Figura 11- Desmond Paul Henry

3.4 - Ivan Sutherland, Sketchpad



Figura 12-Ivan Sutherland - Sketchpad 1962

No MIT, Ivan Sutherland, (Sutherland, 1964) desenvolveu o Sketchpad⁸, um editor gráfico durante o seu doutoramento (PhD). Por vários motivos é um marco na Informática, sendo o primeiro editor gráfico orientado a objetos (no sentido que conhecemos o termo, atualmente). Não era apenas possível colocar pixéis, mas criar objetos que poderiam ser manipulados distintamente dos outros. Mais importante ainda, o Sketchpad permitia que fosse definido um "master drawing", a

⁸ Sketchpad, foi o primeiro programa interativo de computação gráfica. Criado como projeto de tese de doutoramento do engenheiro americano Ivan Sutherland no início dos anos 1960. O programa permitiu que os utilizadores visualizassem e controlassem as funções do programa, tornando-se uma base na computação, gráfica, de interfaces, de sistemas operacionais e aplicativos de software usados em variadas formas da tecnologia moderna.

partir do qual seriam criados "instance drawings" (desenhos de uma determinada classe). Cada um dos desenhos instanciados seria semelhante ao desenho mestre e se este fosse alterado, todas as instâncias seriam alteradas da mesma forma. As ideias implementadas no Sketchpad foram o ponto de partida para a herança na programação orientada a objetos, onde estrutura e comportamento são passados de alguns objetos para outros.

A terceira versão do Sketchpad ampliou o sistema de bidimensional para tridimensional. Foi o primeiro editor gráfico a implementar as tradicionais vistas ortogonais com vistas em perspectiva em diferentes escalas.

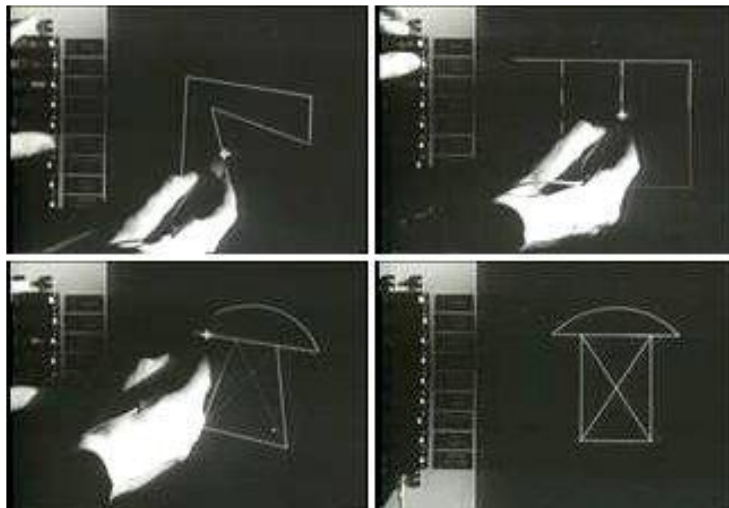


Figura 13-Ivan Sutherland - Sketchpad 1962

3.5 - Frieder Nake

Suportado pelo conceito da estética generativa criado por Max Bense, Frieder Nake, integra a primeira Exposição de arte digital em 1965 "Cybernetic Serendipity" em Estugarda, conjuntamente com outros colegas, inclusive com George Nees e A. Michael Noll, são apelidados de 3N. Vera Molnar também expôs aqui, apesar do trabalho dela ser mais analógico nesta fase, estava baseado na estética generativa, através de um sistema de grelhas, retículas e supersímbolos, sendo estes últimos um conjunto de regras, mais um conjunto de símbolos, que aleatoriamente se misturavam, passando a decisão estética final pelo artista. Frieder Nake foi um dos primeiros artistas digitais a usar desenhos baseados em algoritmos gerados digitalmente pelo computador.

Max Bense aplica 3 níveis de computação a esta estética:

1. Métrico, aplicação de princípios matemáticos à estética.
2. Topológico, para aplicação a sistemas complexos, jogos de ilusão ótica, paradoxais e visões impossíveis.
3. Estatístico, como definição de regras.

Esteticamente, podemos observar na imagem seguinte todo este conceito colocado em prática por Bense, onde a ordem/desordem, caos/confusão ditado pelos supersímbolos (a grelha e formas aleatórias), entendendo que o banal, é dado pela repetição sequencial igual e que resulta na falta de estímulo, este não se aplica nesta obra, onde as regras são definidas por F. Nake. Este desenho é um dos primeiros de Nake, e observa-se um elevado grau de simplicidade estética pelo algoritmo ao fazer deslocar aleatoriamente o ponto pelo espaço e criando assim uma linha quebrada com direções e distâncias similares.

Também nesta obra podemos verificar que dois dos três níveis estéticos criados por Bense, o nível estatístico e métrico, sendo as definições das regras, as distâncias das linhas no espaço e o favorecimento do acaso, basicamente o topológico surge nesta imagem meramente, como definição espacial da obra.

“The drawings were not very exciting, but the principle was.” (Nake 2004/2005)

Com esta frase de Frieder Nake, um dos pioneiros da arte digital, e em particular da estética generativa, resume que o conceito estético criado por Bense, é mais importante e na qual se sustenta toda a sua obra.



Figura 14-Frieder Nake, Nr. 20 Zufälliger Polygonzug || 1964 , 21.1x 15.1 cm

“Although some exciting insight into the nature of aesthetics processes was gained this way, the attempt failed miserably.”

3.6 - A. Michael NOLL

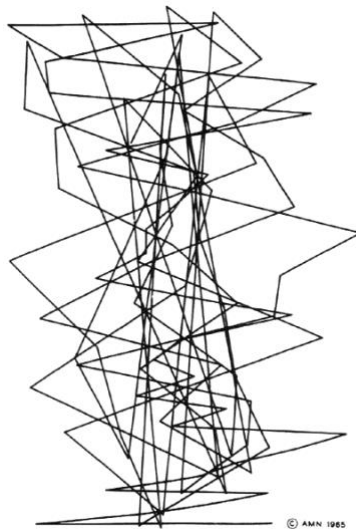


Figura 15-Michael Noll, Gaussian Quadratic, © AMN 1965 1962

A. Michael Noll foi também, um dos pioneiros na arte computacional e animação, membro da equipa do Assessor de Ciências da Casa Branca, gerente e planeador da AT & T, professor universitário e administrador, autor, colunista, crítico de música clássica, arquivista e biógrafo. Continua a escrever sobre telecomunicações e outras questões.

Noll passou quase quinze anos pesquisas básicas no Bell Labs e é um dos primeiros pioneiros no uso de computadores digitais nas artes visuais e na animação estereoscópica para arte e ciência. No início dos anos 1970, trabalhou na AT & T, identificando oportunidades para novos produtos e

serviços. publicou mais de noventa artigos, recebeu seis patentes e é autor de doze livros sobre vários aspectos das comunicações. Desde 1990, publicou mais de 130 artigos de opinião e colunas em vários jornais nacionais e publicações comerciais, e também escreveu mais de 30 resenhas de música clássica para a Sociedade Clássica de Nova Jersey.

3.7 – Georges Nees

Professor da Universidade de Erlangen, Alemanha. Georg Nees atuou como mecânico industrial e engenheiro de software na Siemens AG em Erlangen quando começou a programar gráficos, esculturas e filmes artísticos em 1964. Depois de serem introduzidos no colóquio de Bense, uma exposição aconteceu na Stuttgart Studiengalerie em janeiro de 1965. Nees começou estudos em filosofia nas Universidades de Erlangen-Nürnberg e Stuttgart no mesmo ano. Doutorou-se em 1969 com uma dissertação sobre "Generative Computer Graphics", que traduziu os termos fundamentais de estética filosófica de Max Bense em um código de programa. Em 1970, Georg Nees realizou as primeiras palestras sobre computação gráfica na Universidade de Erlangen-Nuremberg. Em 1977 tornou-se professor honorário em Angewandte Informatik na Universidade de Erlangen e escritor na SEMIOSIS, um jornal internacional de semiótica e estética. Desde 1964, que trabalha com computação gráfica, esculturas e filmes, quer a nível teórico. Em 1965, Nees, juntamente com outros dois pioneiros no campo da arte da computação, Frieder Nake e A. Michael Noll, organizaram exposições de computação gráfica chamando-as de Computer Art:

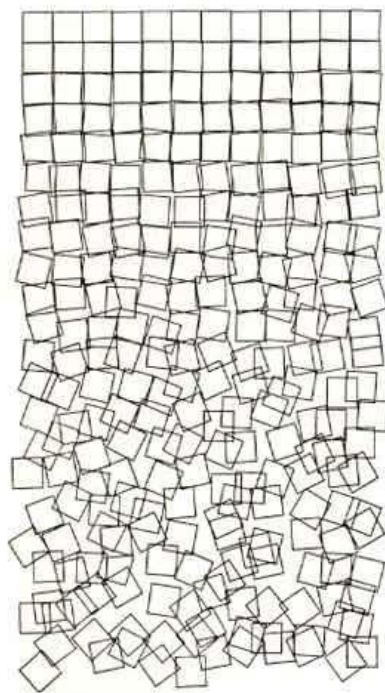


Figura 16-George Nees

3.8 - Vera Molnar

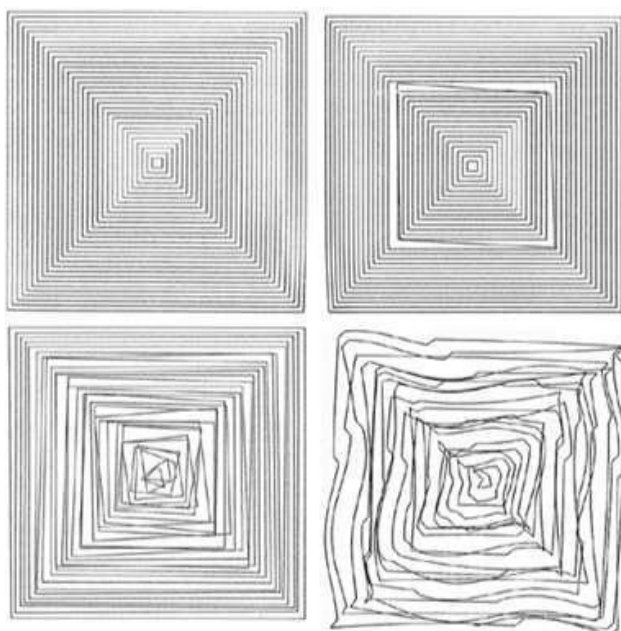


Figura 17-Vera Molnar

Década após década a Artista é, portadora de importantes invenções formais.

Vera Molnar afastou-se da pintura figurativa na década de 1950, apesar de ter iniciado a pintura aos doze anos, (os primeiros temas consistiram em ninfas e árvores), para explorar o caminho da abstração geométrica. Peças simples de cartolina escovadas com guache, cortadas em retângulos, traços, círculos e semicírculos, fixadas e manipuladas de acordo com movimentos rotativos elementares ou inclinações angulares diferenciadas, foram a base estrutural seu primeiro portfólio.

Contrária a muitos protagonistas da abstracção (Kandinsky, 1911), Vera Molnar não congela as suas experiências no alfabeto plástico e nunca considera que descobre invariantes. Na procura de uma metodologia criativa diferente, inventa na década de 1960 uma máquina imaginária que é um conjunto de procedimentos concetuais direcionados para a geração de imagens.

Em 1968, a realidade das máquinas tendo juntado a sua ficção artística, ela se tornou o pioneiro francês da arte assistida por computador. E, novamente, fiel à sua curiosidade e não ficar preso a regras que não são suas, o artista esforça-se para não se unir aos defensores da arte computacional para desenvolver novos procedimentos, começou a trabalhar com computadores. Durante este período o seu trabalho concentrou-se no rompimento com as repetições, muitas vezes expressas como uma série de imagens cada vez mais fraturadas. Para acabar com o que ela chama de "mental-cultural ready-mades", ela emprega diferentes jogos programáticos e princípios matemáticos para produzir uma série de trabalhos guiados por uma busca unificada pelo invisível. Vera Molnar afirma que o computador pode servir quatro propósitos: o primeiro diz respeito à sua promessa técnica - amplia a área do possível com seu infinito conjunto de formas e cores, e particularmente com o desenvolvimento do espaço virtual; Em segundo lugar, o computador pode satisfazer o desejo de inovações artísticas e, assim, aliviar o fardo das formas culturais tradicionais. Pode tornar o subversivo accidental ou aleatório a fim de criar um choque estético e romper a sistemática e a simétrica. Para este propósito, um banco de dados virtual pode ser montado, em terceiro lugar, o computador pode incentivar a mente a trabalhar de novas maneiras. Molnar acredita que os artistas muitas vezes passam muito rapidamente da ideia para a realização do trabalho. O computador pode criar imagens que podem ser armazenadas por mais tempo, não apenas no banco de dados, mas também na imaginação do artista. Finalmente, Molnar acha que o computador pode ajudar o artista na medição das reações fisiológicas do público, e nomeadamente os movimentos oculares, por exemplo, trazendo o processo criativo de acordo com seus produtos e seus efeitos.

3.9 - Manfred Mohr

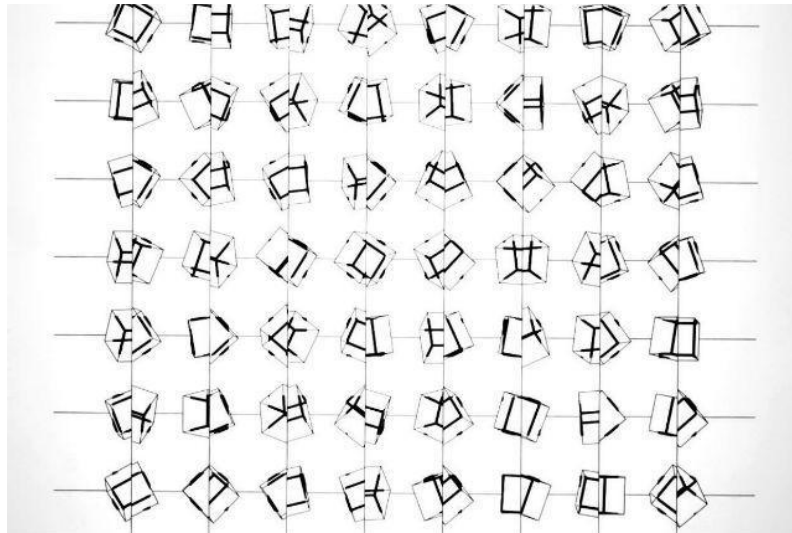


Figura 18-Manfred Mohr

Pioneiro da arte digital nasceu em 1938 em Pforzheim/Alemanha. Começou como pintor Gestualista e músico de jazz e a usar o computador em 1969 devido ao seu crescente interesse na criação de arte algorítmica. Os seus primeiros trabalhos são algoritmos baseados em antigos desenhos com uma forte atitude de ritmo e repetição. Em 1968 ele co-fundou o seminário "Art et Informatique" na Vincenne University e em 1971 teve uma exposição individual no Museu de Arte Moderna de Paris. Desde então, essa exposição tornou-se conhecida historicamente como a primeira exposição individual de obras inteiramente calculadas e desenhadas por um computador.

3.10 - Harold Cohen

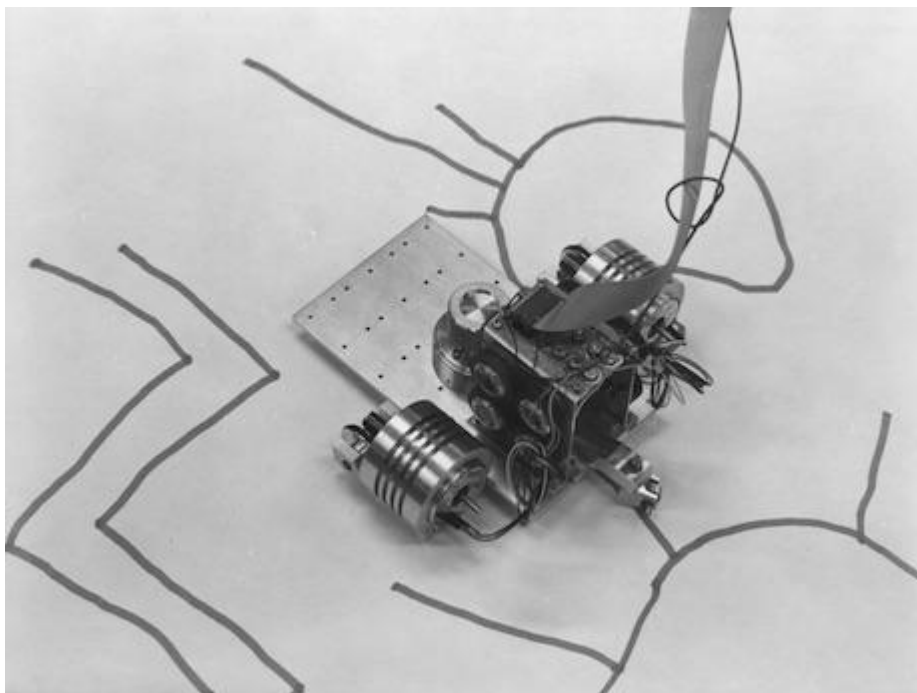


Figura 19-AARON by Harold Cohen

Harold Cohen, ex-diretor do Centro de Pesquisa em Computação e Artes (CRCA), foi um pintor Inglês com uma reputação internacional estabelecida. Foi para a Universidade da Califórnia em San Diego (UCSD) em 1968 por um ano como convidado. A sua primeira experiência com computação ocorreu quase que imediatamente. Cohen é o autor do célebre programa AARON, um esforço contínuo de pesquisa em inteligência autônoma de máquina (arte) que começou quando visitou o Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade de Stanford em 1973. Cohen expôs na Tate Gallery (Londres), no Brooklyn Museum (Nova York), no Museu de Arte Moderna de São Francisco, no Museu Stedelijk (Amsterdão) entre outros espaços. Eles também foram exibidos em uma dúzia de centros de ciência, incluindo o Ontario Science Center, o Boston Science Museum e o Museu de Ciência e Indústria de Los Angeles. Cohen representou os EUA na Feira Mundial de Tsukuba, no Japão, em 1985. Ele tem uma exposição permanente dedicada ao seu trabalho no Museu do Computador de Boston. Harold Cohen faleceu em abril de 2016.

As primeiras experiências gráficas resultam numa estética de formas geométricas, padronização, repetição e variação sequencial, uso da linha e de pontos, abstracção e bidimensionalidade.

3.11 - Angela Bulloch

Artista Canadiana, que trabalha sobretudo com instalações e som, é reconhecida como uma das “Young British Artists”. Na fig.20, pode ser observado a sua instalação intitulada “Constructostrato Drawing Machine Red”, uma instalação Neo-Minimalista. Uma espécie de plotter simplificada de

grandes dimensões, com um riscador na extremidade, similar a impressoras CAD, que a artista montou na parede. Os movimentos são controladas por ruídos e sensores de movimento e um banco sensível ao stress, na parte frontal à área de desenho. O utilizador ao sentar-se no banco, o “braço” move-se um pouco mais rápido na direção vertical, e ao sair do banco, este continua a desenhar linhas horizontais.

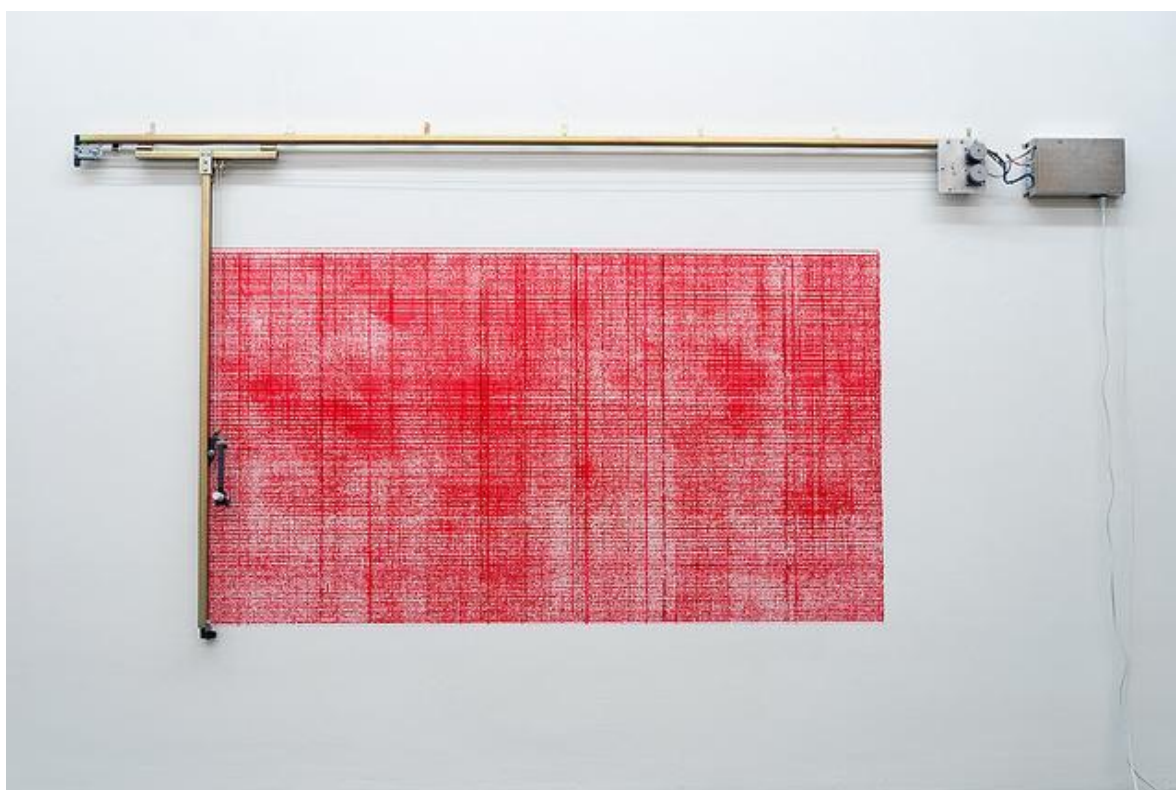


Figura 20 “Constructostrato Drawing Machine Red”, Angela Bulloch

3.12 – Rebecca Horn

Artista alemã, também como Angela Bulloch, reside em Berlim e trabalha com diferentes tipos de media, como a performance, instalação, escultura e vídeo. A obra que dá pelo nome “The Painting Machine”, é representada na fig 21.



Figura 21- "The Painting Machine", Rebecca Horn

3.13 – Olafur Eliasson

Conhecido pelo seu trabalho de escultura e instalações de grande escala, assim como o uso de materiais mais efêmeros na arte, como o uso da luz, água e temperatura do ar, isto para potênciar a experiência do utilizador.

Na sua obra “Connecting cross country with a line” [Fig. 22], foi criada uma peça especialmente utilizada para um comboio, através dos Estados Unidos da América, onde desenha durante o percurso entre cada estação. Esta máquina de desenho de Olafur Eliasson, registou uma série de desenhos durante o itinerário que fez no interior de um comboio. Desta forma, conforme a oscilação produzida pelo movimento do comboio, uma esfera de obsidiana⁹ coberta de tinta, foi usada como riscador sobre uma folha de papel redonda, inserido numa caixa com um sistema de

9 A obsidiana é uma rocha ígnea, resultante do arrefecimento rápido da lava. Pode ser considerada como um vidro natural, neste caso específico muito liso para deslizar na superfície do papel.

molhas, que permitia, a esta rolar, de uma forma aleatória, produzindo um efeito generativo, mas que por sua vez, utilizou meios analógicos em vez de algorítmicos."



Figura 22 - "Connecting cross country with a line", Olafur Eliasson

Quando um desenho estava concluído, o papel era removido da máquina e registado com um número do desenho, o local e data da sua execução. A pessoa que operava a máquina decidiu, nesse momento, de uma forma subjetiva quando iniciar o desenho, respondendo à disposição da terra; o balanço, o balanço e o arremesso do vagão ferroviário; ou o nome da vizinhança imediata. Todos os desenhos foram emoldurados em molduras negras redondas, lembrando as rodas do comboio cujas marcas percorrem as páginas. Nove poemas compostos por Olafur Eliasson foram impressos no mesmo papel que os desenhos e pendurados juntamente com estes, como estações entre as linhas.

As marcações criadas por "Connecting cross country with a line" não resultaram do acaso; seguiram a progressão da jornada e retrataram as linhas, rodas e terra sob o comboio. Cada solavanco, soluço e trepidação do vagão expressavam-se no papel; o comboio e o terreno natural fizeram o desenho em sintonia. De certo modo, o trabalho era específico de um site que estava constantemente a mudar. É uma obra de arte feita pela terra ".

3.14 – Leonel Moura

Artista conceptual Português cujo trabalho tomou novo rumo no final dos anos 90, baseado em fotografia para Inteligência Artificial e arte robótica. Desde então, produziu vários robôs de pintura e um zoológico para robôs, o “Robotarium”. Em (2006), um robô que faz desenhos baseados em emergência e estigméria, que decide quando o trabalho está pronto, e assina, foi exibido como uma instalação permanente no Museu Americano de História Natural, em Nova York, denominado RAP (Robotic Action Painter). Outros trabalhos incluem instalações interativas, pinturas e esculturas de enxames e a adaptação da peça R.U.R.¹⁰ de Karel Capek.

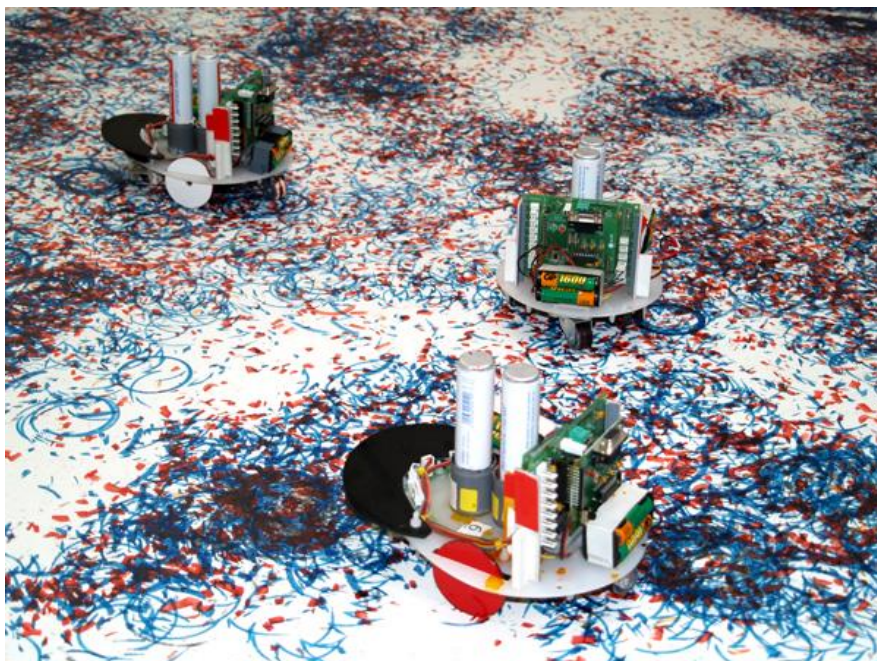


Figura 23-Swarm Robots, Leonel Moura

¹⁰ Rossum's Universal Robots

3.15 - Sam van Doorn

Construiu para a sua licenciatura STYN uma instalação, pois sempre esteve interessado em construir as suas próprias ferramentas de design. “Numa era digital, durante o processo de trabalho, podemos facilmente esquecer a liberdade e diversão do jogo”. Com a criação de novas ferramentas, acredita que temos a oportunidade de nos libertar de padrões do design. Como resultado dessa ideia desconstruiu uma máquina de pinball e reconstruiu-a como uma ferramenta de design.

A impressão é colocada no topo da máquina, que tem por base uma grelha impressa. Com base nesta grelha o utilizador pode estruturar o seu campo de jogo conforme entender. Ao colocar na máquina de pinball, cria um padrão imprevisível, dependente da interação entre o utilizador e a máquina. Quanto melhor o utilizador estiver como jogador, melhor é o cartaz final.



Figura 24- "STYN" a drawing machine that records the chaos of pinball, Sam van Doorn

3.16 - Sandy Noble

Sandy Noble, é programador e designer, nasceu em Newcastle, vive e trabalha em Edinburgo, na Escócia. A sua paixão por máquinas e mecanismos, levou-o a desenvolver uma máquina de desenho, denominada Polargraph (fig 25, que utiliza para produzir desenhos e disponibiliza no seu site, o manual de construção desta máquina, ou se tivermos interesse e tempo para esperar pode ser comprado e manufacturado por Sandy.

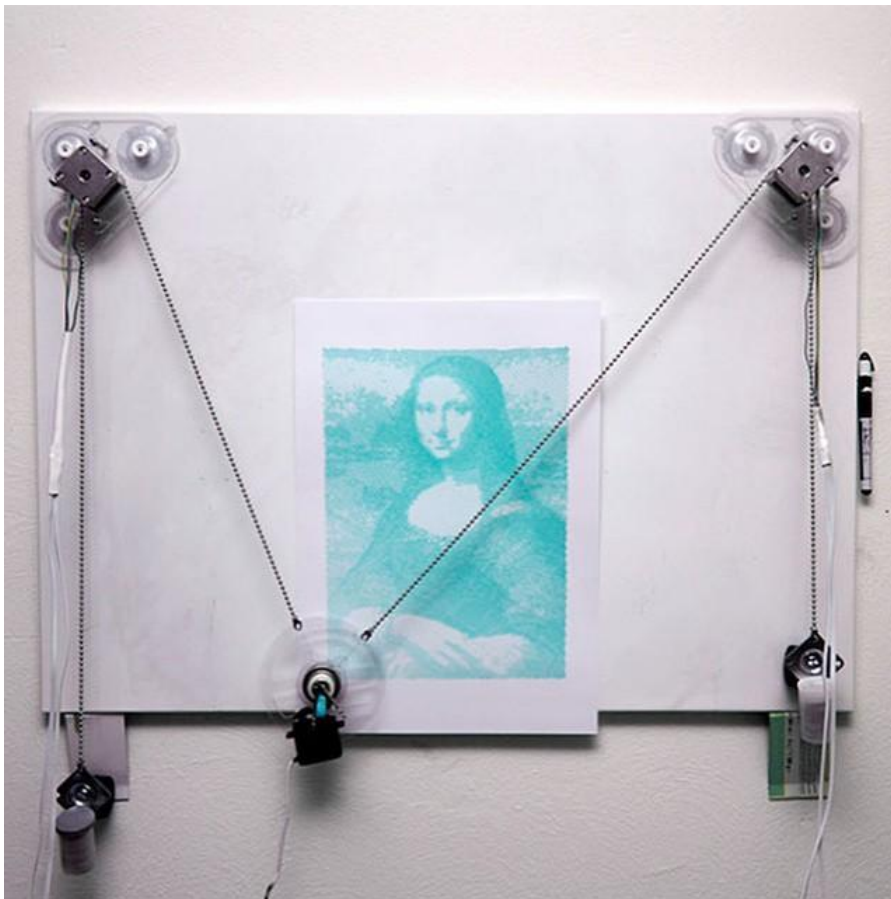


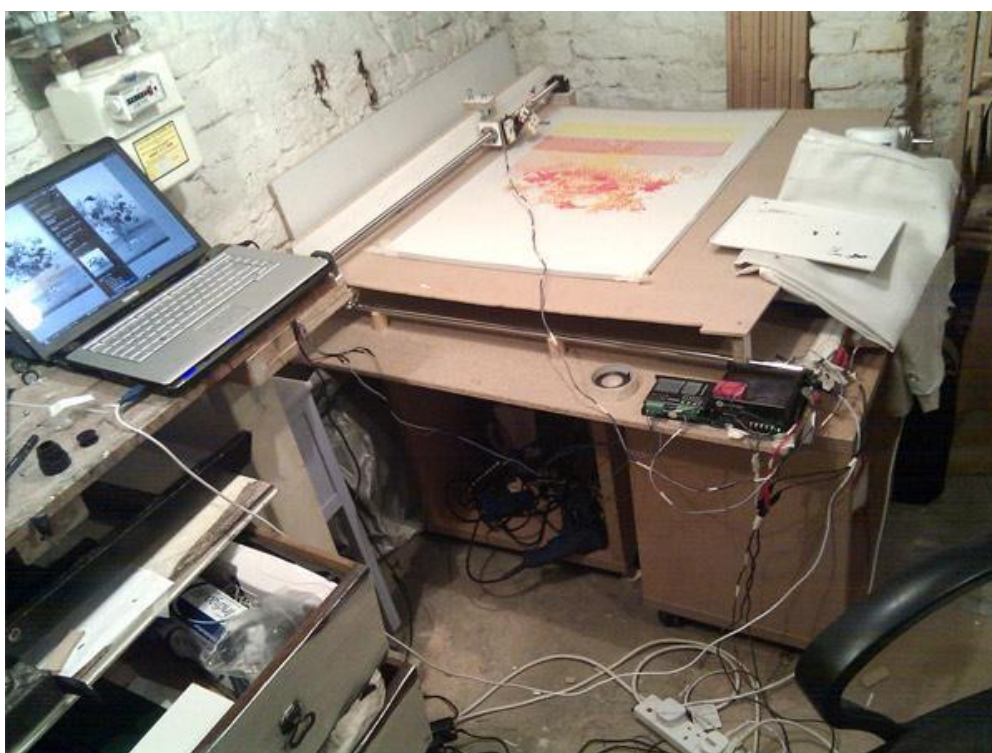
Figura 25 - Polargraph, Sandy Noble

3.17 - Paul Ferragut

designer freelancer, a viver em Londres. Trabalha com arte e tecnologia e sempre disposto a novos projectos e parcerias. Produz instalações com interação física. DIY - time print machine (fig 26), é um sistema de impressão que utiliza um riscador, caneta de feltro sobre um suporte de papel absorvente mata-borrão.

Esta máquina funciona de uma forma semelhante a uma máquina CNC, programado para imprimir qualquer imagem utilizando um algoritmo baseado no tempo. De acordo com o valor de cinzento de um pixel numa imagem, o riscador, mantém-se em contacto com o suporte por períodos relativos. Por conseguinte, a tinta irá vazar através do suporte absorvente, criando uma variedade de manchas de tamanho, gradualmente, vai construindo a imagem.

Pode demorar cerca de 34 horas para imprimir uma cor da imagem. O processo de impressão lenta e as imperfeições são o que tornam os trabalhos únicos.



3.18 – Harvey Moon

Harvey Moon, é um artista de New Media, de Chicago. As máquinas de desenho que cria, Drawing machines [fig. 27], utilizam servo-motores, enquanto que os desenhos destas são definidas por algoritmos que determinam os movimentos da máquina e a sua gestualidade. Para Moon, o mais importante do ponto de vista artístico, não é necessariamente o desenho que a máquina produz, mas o desempenho da máquina no acto de desenho.

Parte desse processo é a forma como, muitas vezes, uma máquina pode falhar com o que foi programada¹¹ para fazer. "Essa perda de comunicação e aquilo que falha numa máquina para se comunicar corretamente é o que eu acho interessante e a aleatoriedade em que produz esses resultados." ("HARVEY MOON," n.d.). Um exemplo é máquina de desenho que carrega imagens de satélite do Google Earth e de forma aleatória, cria "mapas impossíveis". O objectivo é mostrar as falhas das máquinas e a sua incapacidade de comunicar corretamente.



Figura 27-Harvey Moon

3.19 – Saurabh Datta

utiliza o processo do projeto, a análise científica e às vezes uma postura filosófica, sobre os trabalhos que realiza. Teacher (fig 28), é o projecto final de CIID 2014, onde o objetivo de pesquisa é compreender as modalidades e propriedades de controle, quando um sistema de aprendizagem é usado no cenário com capacidades como “feedback forçado” e automação. Apesar de não ser um objecto com fins artísticos, a sua construção usa o princípio de inverse kinematics¹², com servo-motors, tal como o desenvolvido neste projecto.

¹² Num braço robótico com dois segmentos articulados, onde são dados os ângulos das articulações, as equações cinemáticas fornecem a localização da extremidade do segmento. A cinemática inversa refere-se ao processo inverso, dada a localização desejada para a extremidade do segmento de um braço robótico, quais devem ser os ângulos das articulações para localizar essa extremidade no local desejado.

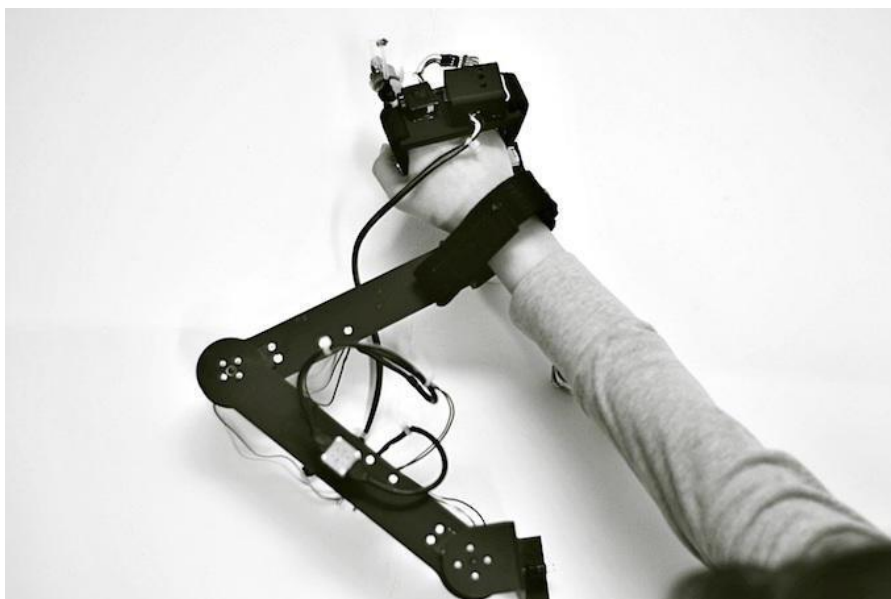


Figura 28-Teacher by Saurabh Datt

3.20 – Patrick Tresset

Patrick Tresset, é um artista/cientista Francês, baseado em Londres, na Goldsmiths College, University. Usa o termo “clumsy robotics” para criar entidades cibernéticas autónomas que são projeções lúdicas do artista. Neste sentido, Paul the robot (fig 29), é o seu projecto mais mediático, e complexo do ponto de vista da expressividade do desenho. Paul é uma instalação robótica que produz desenhos de retrato através de observação direta de pessoas. Paul, não possui conhecimentos de alto nível da estrutura facial humana (como a boca, nariz, olhos), nem a capacidade e competências de aprendizagem com base na experiência como um humano faria. No entanto, Paul é capaz de desenhar utilizando o equivalente de expressividade de um artista baseado num número de processos que mimetizam habilidades de desenho e de técnica, que, juntos, formam um ciclo de desenho” (Tresset & Fol Leymarie, 2013) . Por fim, os desenhos produzidos por Paul têm sido

considerados de interesse por profissionais das belas artes em feiras de arte internacionais recentes e exposições, bem como pelo público em geral.

Um dos desenhos está na coleção do museu Victoria and Albert. É de considerar que uma série de fatores, de mimese da gestualidade humana, por parte de Paul, podem ser responsáveis pelas qualidades dos desenhos produzidos.

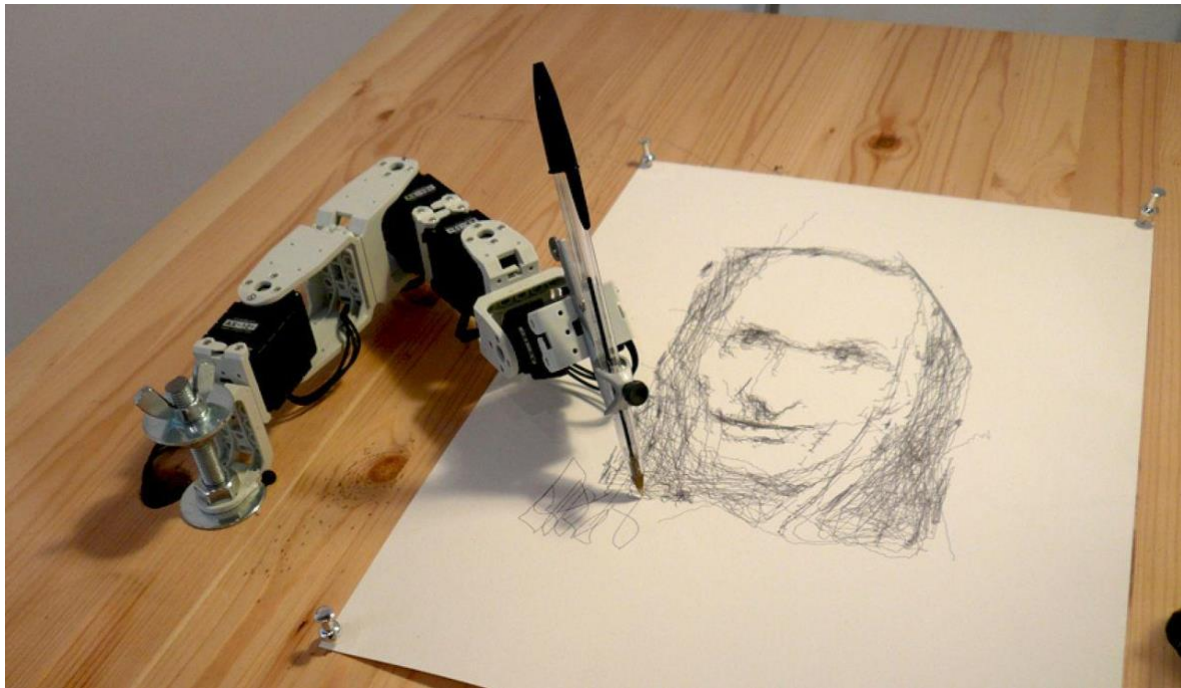


Figura 29- Paul the robot, by Patrick Tresset,

3.21 - Line US – Rob Poll & Durrell Bishop

Line US é empresa de Londres, fundada por Durrell Bishop e Rob Poll que projetaram, desenvolveram e fabricaram este produto incomum, uma pequena ferramenta criativa de um “braço- robô” de desenho conectada via Wi-Fi, projetada originalmente por Tim Lewis máquinas de desenho. “Queríamos ver se era possível fazer um robô de desenho usando componentes muito simples e baratos, e se podíamos produzir desenhos interessantes. Também estávamos interessados em ver quais possibilidades eram permitidas conectando um robô de desenho à internet” Rob Poll. O Line-us usa três Servos do tipo RC simples, dois para os braços e um ligado a um mecanismo para levantar a caneta e um módulo Wi-Fi de muito baixo custo que é mais comum ser usado em produtos como plugs inteligentes. “O

módulo Wi-Fi mostrou-se surpreendentemente poderoso e pudemos adicionar recursos como a possibilidade de os Line-us seguirem um caderno de desenhos remotos pela Internet e acender sua luz quando um novo desenho foi adicionado. Pressionar o botão desenhará o desenho, abrindo o uso do Line-us como uma ferramenta de comunicação divertida. Line-us tem um aplicativo, e a Line-us Cloud permite que os utilizadores armazenem, compartilhem e publiquem os seus Sketches pela Internet, mas o Line-us também tem APIs de programação que permitem aos utilizadores escrever o seu próprio código para controlar o Line-us. Já vimos alguns usos interessantes, e as pessoas controlam o Line-us numa ampla gama de linguagens de programação e acabamos de adicionar o Scratch).” Rob Poll

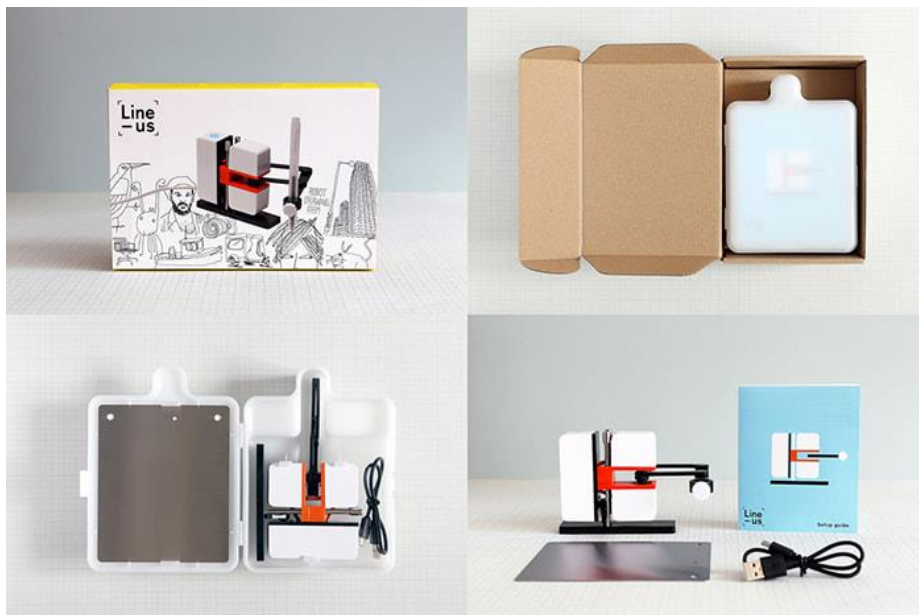


Figura 30-Line-Us, by Durrell Bishop e Rob Poll

Após esta pesquisa, na procura da possibilidade de verificar a expressividade da linha com máquinas de desenho, surgiu a necessidade de criar uma nova máquina capaz de executar desenhos a partir de um algoritmo específico para esta.

4. CAPÍTULO 4 - MÁQUINAS DE DESENHO

4.1 - Drawing.Bots / Serviço Educativo – GNRation

Como referido no capítulo anterior, da necessidade de construir uma nova máquina, surgiu no GNRation a possibilidade de criar com um grupo infantil, denominado Pequenos Makers, um espaço onde os mais pequenos se pudessem reunir para explorar de forma lúdica e criativa projetos que juntam uma componente tecnológica com o DIY (Do it Yourself). As sessões tiveram cariz experimental, com o objectivo de despertar a curiosidade das crianças, de forma a fomentar uma aprendizagem participativa e colaborativa através de pequenos

projetos, que conjugaram jogos e atividades lúdicas tradicionais com novas soluções tecnológicas interativas. Esta abordagem permitiu aos mais pequenos utilizar as tecnologias mais complexas de modo simples e divertido. Neste seguimento, numa das primeiras sessões, os Pequenos Makers desenvolveram uma compreensão de conceitos básicos de circuitos, motores e movimento, ao mesmo tempo que entenderam o conceito de Arte Generativa¹³ (Galanter, 2003). Baseado nos Vibrobots¹⁴ desenvolvidos por Brendan Dawes, foi realizado um workshop, para um grupo infantil que montou um kit robótico, que desenhava linhas de forma autónoma apenas por vibração e criaram os seus próprios desenhos generativos.



¹³ A arte generativa refere-se a arte que, no todo ou em parte, foi criada com o uso de um sistema autónomo

¹⁴ Vibrobots são pequenos robôs construídos a partir de materiais domésticos comuns, alimentados por motores que produzem movimento por vibração.

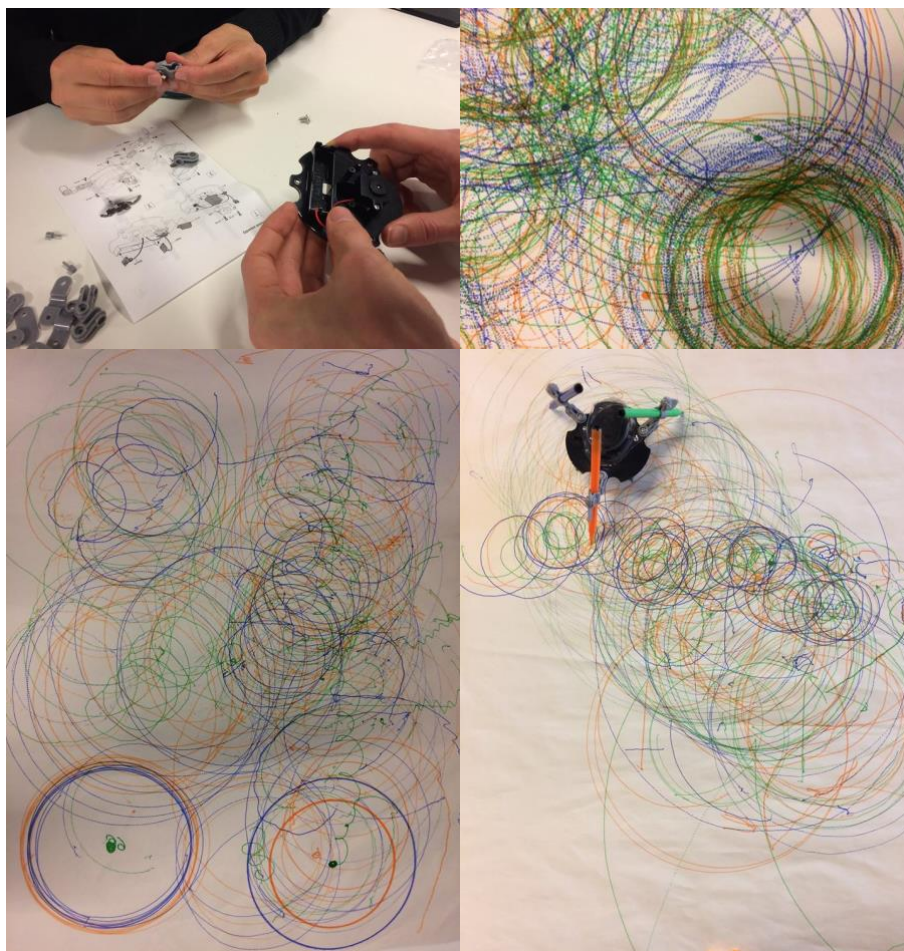


Figura 31 Vibrobots, - Pequenos Makers,GNRation

4.2 - Drawing Arm Machine

Após o workshop com os Pequenos Makers, a motivação para construir uma máquina de desenho DIY, mais rigorosa, programável, ganhou consistência e foi iniciado o desenvolvimento de um protótipo, denominado drawing arm machine, que por sua vez se revelou mais complexa, foram executados alguns testes de configuração, com um sistema robótico com capacidade de desenhar linhas através de programação. A primeira fase

consistiu no desenvolvimento de uma máquina de desenho com auxílio do Processing¹⁵, arduino¹⁶ e dois servo-motores¹⁷ e um algoritmo com a equação de inverse kinematics.

Começamos por desenvolver um sistema físico e a programação necessária dum artefacto capaz de desenhar, com imitação dos movimentos cinestésicos do braço humano.

Usando a máquina de desenho que recebe informação algorítmica este sistema mimético, é capaz de carregar informação e produzir registos pictóricos. Ou seja, é capaz de "interpretar" e "descodificar" uma imagem, e de a registar pictóricamente num suporte físico (papel) todo o processo.

Após uma breve pesquisa sobre sistemas robóticos com apenas 2 segmentos, foi proposto desenhar uma linha reta usando o sistema articulado, como similar movimento do braço humano simplificado.

O primeiro segmento utiliza um servo-motor que age como um “ombro humano” e está ligado a um outro segmento que age como um “braço-humano” no qual está acoplado um riscador. No entanto foi necessário programar os servos qual o ângulo para o qual se deve deslocar, com base na posição do riscador, a com base na lei dos cossenos e com a equação inverse kinematics (Barinka & Berka, 2002).

¹⁵ Processing, software opensource

¹⁶ Arduino, é uma plataforma de prototipagem eletrónica opensource que permite aos utilizadores criar objetos eletrónicos interativos.

¹⁷ Servomotor é um atuador rotativo ou atuador linear que permite o controle preciso de uma posição angular ou linear, velocidade e aceleração.

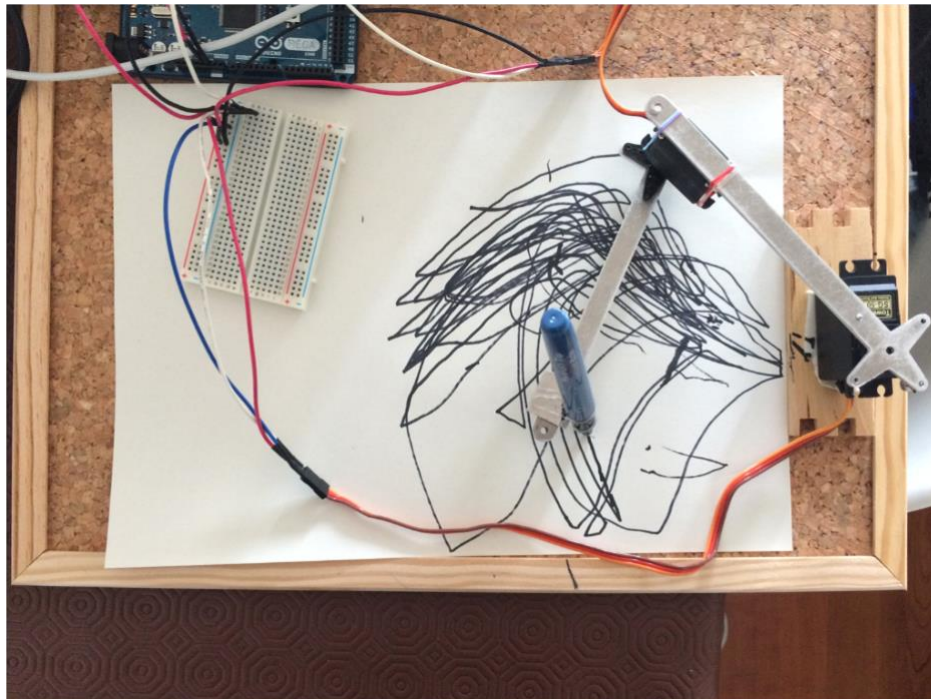


Figura 32-Prótipo de Braço de desenho

compatível com arduino e processing. É alimentado com usb e/ou pilha de 9V. Sendo estes componentes open-source, este projecto ficou disponível online (website) para utilização pública. O sistema foi projetado de forma a favorecer extensibilidade e re-usabilidade.

Na eventualidade de existir mais interesse por parte pública, descrevo de seguida um pequeno manual simplificado para reprodução desta Máquina de desenho, onde apresento o hardware e software necessário para construção.

4.2.1 - Drawing Arm Machine

A nível de hardware, foi utilizado:

- 1 Microcontrolador Arduino Mega2560
- 1 Servo-Motor / Ombro
- 1 Servo-Motor / Braço
- 2 placas de 15cm alumínio – braços
- 1 cabo USB
- 1 Placa de mdf 6mm / Base 25cm X 25cm

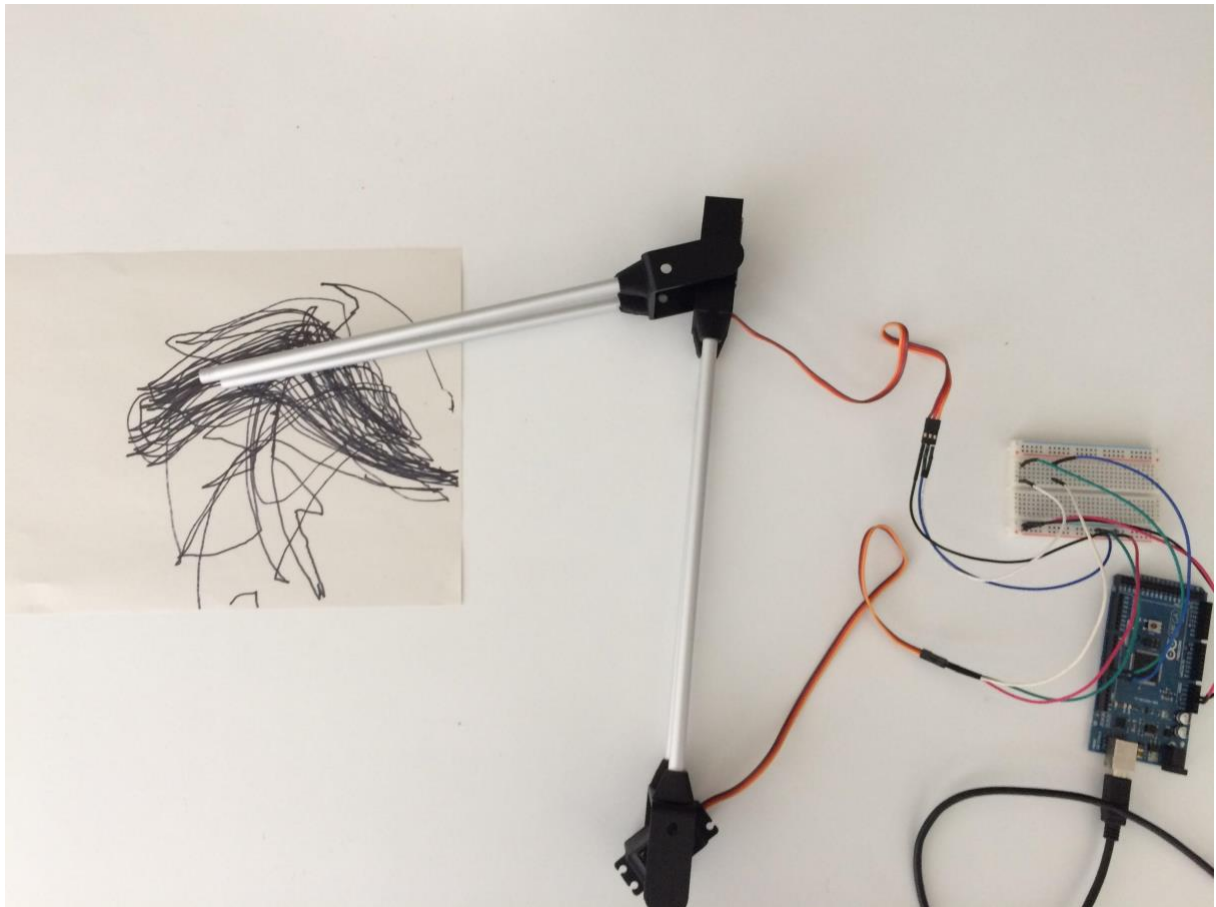


Figura 33- protótipo drawing arm machine

Os servos-motores, têm engrenagens e um eixo que pode ser controlado com precisão, recebem um sinal de controle; verificam a posição atual; atuam no sistema indo para a posição desejada. Geralmente os servos-motores permitem que o eixo seja posicionado em

vários ângulos, geralmente entre 0º e 180º graus. Os servos-motores são encontrados em diversas aplicações: desde brinquedos a eletrodomésticos. Neste caso específico, foram usados, servos-motores, Tower PRO SG 5010.



Figura 34 -Servo motor - Tower PRO SG 50 10

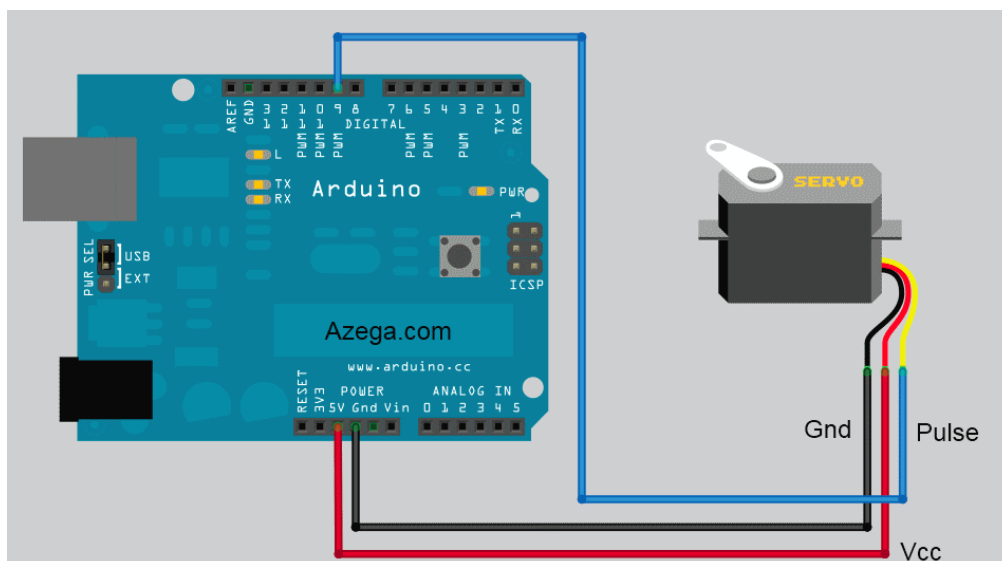


Figura 35- Arduino e servomotor

Para colocar a este sistema a desenhar, foi necessário calcular as coordenadas atuais da extremidade do braço-robótico

É necessário verificar cada segmento do braço-robótico, as coordenadas base do segmento, a direção do eixo de junção, o ângulo entre este segmento e o próximo, e o comprimento do

segmento, para calcular onde é o fim deste. Repetindo isto com cada segmento, até chegarmos à mão-riscador, determinamos a posição desta, a este processo chamamos cinemática avançada (Wolovich & Elliott, 1984).

Para fazer com que o riscador aceda onde se pretende, é necessário encontrar o ângulo que define os braços. Colocar o eixo dos dois servos ($X=0$, $Y=0$) para simplificar. Depois de determinar a origem do riscador é necessário, trabalhar os pontos de atuação.

De princípio podemos encontrar o ponto A do riscador, sabendo o comprimento da ligação entre o ponto 0, 0 e a extremidade do riscador, sendo por exemplo de 15 cm cada. Para cada extremidade do braço existe um conjunto de pontos onde pode existir um círculo. Se o ponto do riscador pretendido estiver ao alcance da máquina, os círculos vão cruzar-se em dois pontos.

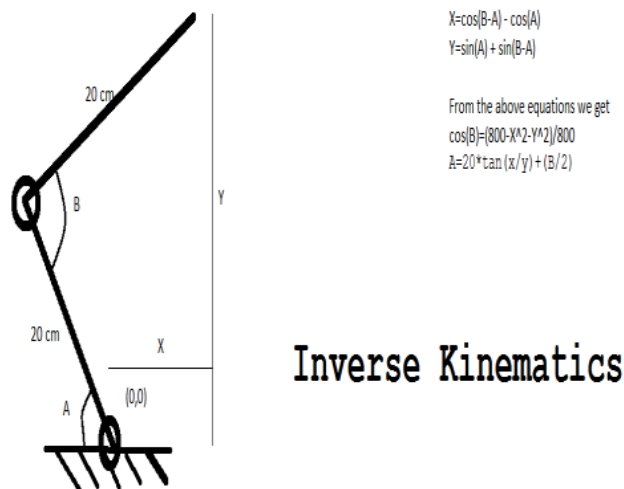


Figura 36-Inverse Kinematics

Mas o braço do robot deve ajustar o ângulo de cada articulação para mover o riscador sobre o papel, exatamente o oposto do cálculo anterior. Começa com uma determinada posição e quer se saber como rodar cada segmento do braço. há várias abordagens diferentes disponíveis para resolver esse problema. Para a cinemática inversa (Barinka & Berka, 2002), existem três deles: a abordagem algébrica: muito complexa, basicamente funciona

resolvendo equações matriciais, das quais não possuo conhecimento. A abordagem numérica: adivinhar e verificar onde está, mover um ou mais segmentos para minimizar localmente o erro, repetir. E a abordagem geométrica: que utiliza a geometria do braço robótico com fórmulas trigonométricas específicas, que pode tornar-se bastante complexa quando o braço do robô tem vários segmentos e articulações. Neste caso toda a complexidade quase desaparece pois este é um simples braço robótico com apenas dois segmentos, por este motivo escolhi esta abordagem geométrica.

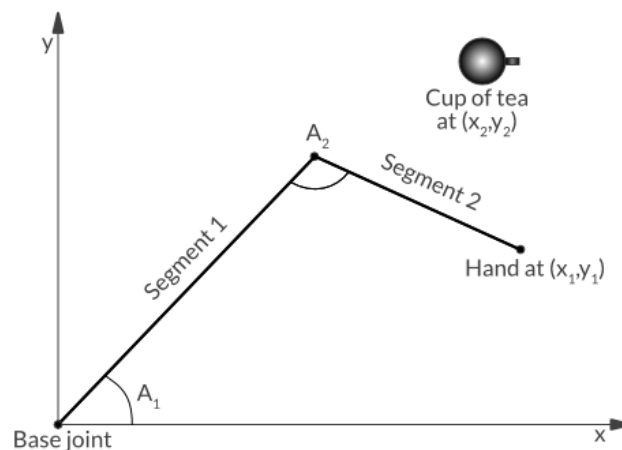


Figura 37- inverse kinematics, abordagem geométrica

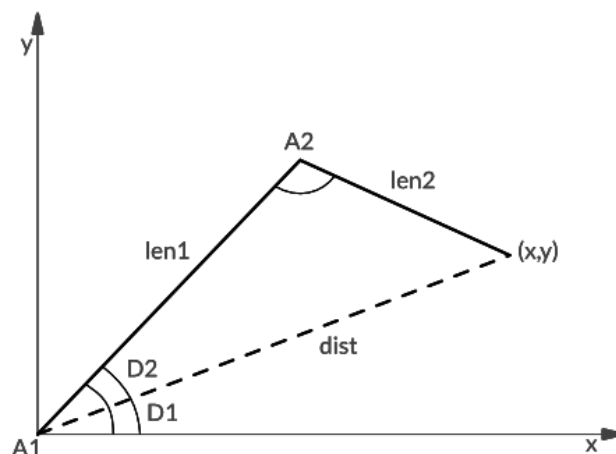


Figura 38-inverse kinematics, abordagem geométrica

Este diagrama revela algumas coisas: os segmentos têm o comprimento $len1$ e $len2$, respectivamente. A junta da raiz descreve um ângulo $A1$ medido a partir do eixo x.

A segunda articulação descreve um ângulo $A2$ medido a partir do primeiro segmento (sentido anti-horário em ambos os casos). A ponta do segmento 2 aponta para (x, y) , e quero calcular de volta desse ponto para os valores ainda desconhecidos de $A1$ e $A2$.

No diagrama, também há uma nova linha pontilhada chamada dist. que aponta de (0,0) para (x, y), as três linhas dist, len1 e len2 definem um triângulo. Além disso, distingue o ângulo A1 em dois ângulos D1 e D2. A lei dos cossenos¹⁸, é uma antiga fórmula de trigonometria dos tempos de escola, é só relembrar.

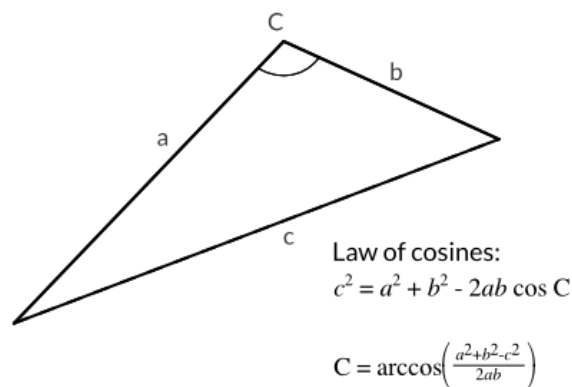


Figura 39- lei dos cossenos

Na implementação um dos grandes problemas encontrados foi a inconsistência, na resposta do braço com o algoritmo, nem sempre executava os mesmo movimentos.

Também a histerese foi um dos principais problemas, já verificado num projecto anterior “Meet the Frumblers” (Fraga, Coelho, & Branco, 2014), no uso de servo-motores, desta forma foi necessário apesar do desenvolvimento efetuado, uma necessidade de melhorar com urgência a precisão, o que levou a recorrer ao mercado opensource, onde foi encontrado no kickstarter, um modelo mais preciso, portátil, com ligação wi-fi, e muito prático. Na sequência do trabalho de investigação e testes com este novo sistema, optou-se por seguir o desenvolvimento com o Line-Us e todo o desenvolvimento de software poder ser

¹⁸ "Em qualquer triângulo, o quadrado de um dos lados corresponde à soma dos quadrados dos outros dois lados, menos o dobro do produto desses dois lados pelo cosseno do ângulo entre eles." Pode ser definida pela seguinte formula: $a^2 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos \hat{A}$

disponibilizado para utilização pública e para dar um contributo na área dos fundadores do Line-Us.

Foram executados testes e avaliação do sistema com o corpus mencionado acima. Na melhorias e refinamentos foi tentado identificar falhas e realizar refinamentos que melhorassem a precisão do sistema.

Ao fim do período de desenvolvimento, os resultados esperados e a expectativa era que o sistema proposto tenha sido implementado, estivesse em funcionamento e disponível. Além disso, pode-se fazer um estudo comparativo entre similares modelos e implementações dos módulos do sistema. Também os testes produziram registos pictóricos neste projecto, e foram desenhados num diário gráfico para que no final desta dissertação, fosse apresentado em formato livro.

5. GIACO.BOT

5.1 - Uma máquina de desenho

Como foi referido no capítulo anterior, a problemática da drawing arm machine, teve problemas de precisão, principalmente devido a instabilidade mecânica, assim, na procura de uma maior estabilidade e precisão foi necessário recorrer a uma investigação técnica, na sequência do trabalho desenvolvido anteriormente, a opção foi seguir o desenvolvimento com o Line-Us, por ter APIs de programação que permitem aos utilizadores escrever o seu próprio código para o controlar e também poder dar um contributo para a área dos fundadores deste projecto (Line-Us). Pelo facto deste modelo ser muito preciso e sem a problemática da instabilidade mecânica (o que procurava resolver no drawing arm machine), ser portátil, comunicar por wi-fi, e simplesmente prático. Após uma breve comunicação com os produtores da Line-us sobre este projecto, o Line-us passou a ser utilizado como meio físico e a ser programado, numa espécie de hacking¹⁹ através do processing. Deste hacking

¹⁹ Hacking é uma tentativa de explorar um sistema computacional ou uma rede privada, neste caso específico é o acesso não autorizado ou o controle sobre o sistema Line-Us

resultou o Giaco.bot. Os primeiros desenhos com esta nova máquina e um novo algoritmo implementado nesta, foram utilizados para desenhar.

Durante os três dias que o Festival decorreu, o Giaco.bot, esteve exposto no GNRation e desenhou em tempo real. Nesta fase os desenhos, eram gerados pelo algoritmo, que recolhia a “data” das fotografias pré-definidas. Aqui, apesar de já ser trabalho futuro, já iniciado, foi notório que a deteção e reconhecimento facial, recolhido em tempo real associado com a máquina gerava mais “engagement” e ia à procura da satisfação do utilizador.

Todos os testes foram compilados em formato físico que deu início a um “diário gráfico”.

Esta alteração foi testada com algoritmos separados:

- Deteção e reconhecimento facial
- Aplicação de um filtro threshold²⁰ para definição de branco/negro e linhas de contorno
- Gravação da imagem adquirida
- Exportação da imagem final para o algoritmo
- Máquina desenha a imagem

²⁰ Threshold é o método mais simples de segmentar uma imagem. A partir de uma imagem em escala de cinza, este filtro pode ser usado para criar imagens binárias monocromáticas.



Figura 40 - primeiros desenhos com line-us e algortimo em processing

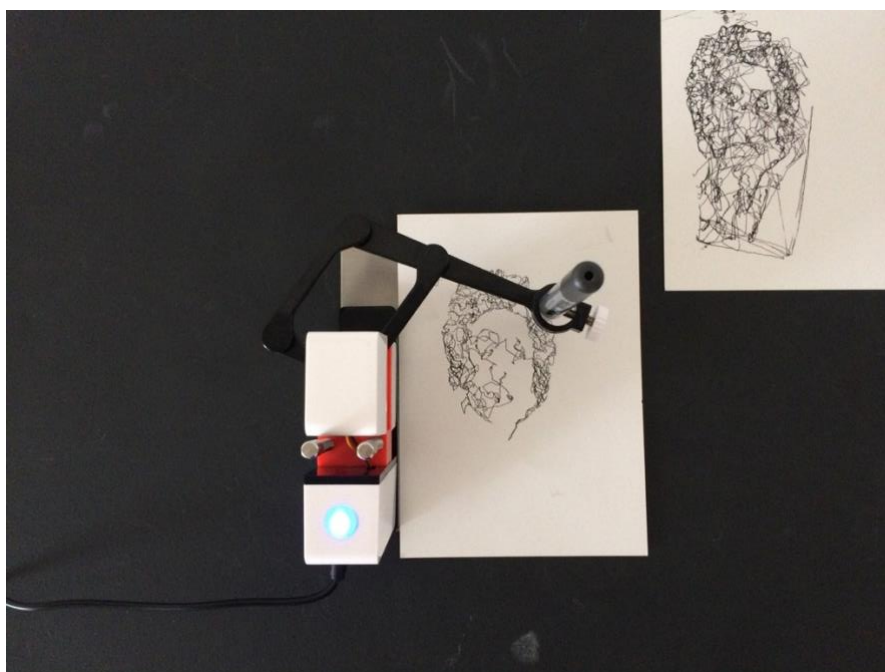


Figura 41- giaco.bot com line-us e algortimo em processing

Quando mostrado os desenhos produzidos por esta máquina, existia a dualidade por parte do observador, que por vezes sugeria que os desenhos eram realizados por humanos e por outras vezes, por máquinas. Desta forma, ao colocar uma máquina de desenho num espaço publico,inserida numa exposição com outras peças interativas, pretendeu-se recolher dados que dessem informação sobre a forma como o utilizador observa o desenho e se interage com a máquina. Neste sentido foram realizadas a recolha de dados, em primeiro para

recolher informação sobre a dualidade da autoria dos desenhos e em segundo a interação por parte dos utilizadores.

5.1.1 - Os métodos de recolha de dados

No seguimento, recorreu-se a dois métodos para a recolha de dados, o inquérito e a observação e a importância para avaliar este projecto sobre máquinas e o desenho, quais as expectativas dos utilizadores e se estas foram correspondidas, de contribuir activamente para melhorar os algoritmos utilizados nesta máquina em futuras edições.

O método de inquérito permitiu recolher a opinião do utilizador, compreender as suas preferências. O método da observação foi escolhido para perceber como reage o utilizador perante a máquina a desenhar.

Para a concretização do inquérito, foi escolhida a técnica de questionário, onde se procurou obter respostas relacionadas com o desenho e percepção da interação do utilizador, além de duas perguntas de satisfação numa escala de likert.

Embora esta abordagem limitada não possa fornecer o nível de detalhe necessário para a análise estatística, sente-se que podia avaliar a aplicabilidade do teste de usabilidade a este género, bem como fornecer uma visão ampla do tipo de opiniões e problemas enfrentados pelos utilizadores, adicionalmente é um método simples e barato.

Quanto ao método de Observação – recorreu-se à técnica de gravação em vídeo para obter os dados. Foi filmada a livre exploração do objeto por parte do utilizador que pôde ser revista e analisada à posteriori. Esta foi exatamente as técnicas utilizadas no paper Mood Swings da Philips Research ((Bialoskorski, Westerink, & Van Den Broek, 2009)). O que permitiu reproduzir parte da experiência baseada no TOI (B. Costello, 2005).

5.1.2 - As técnicas de recolha de dados

Questionário / Video relativamente às técnicas aplicadas, feito o registo em vídeo, para observação e avaliação das interações à posteriori e também um questionário.

O questionário – V1 (anexo 1)

Para a elaboração deste questionário, a formulação dos objetivos demonstrou-se vital para encontrar as perguntas certas. Verificou-se que numa primeira tentativa de criação do questionário, as perguntas realizadas não tinham respostas ao encontro do que era suposto. No decorrer desta reformulação, conseguiu-se simplificar a linguagem e criar perguntas mais concisas e diretas, com tempo verbal consistente e evitar que o sujeito fosse influenciado.

TOI – Video

Propôs-se testar a máquina com a escala TOI utilizando os indicadores identificados por (B. Costello, 2005) e testado no projeto Mood Swings (Bialoskorski et al., 2009), tendo sido utilizada a seguinte grelha por utilizador:

TOI Phase	Code	Code desc / User Action
Response	Discover	Trying to discover or explore
Response	Notice	Realizing, noticing recognizing
Response	Wonder	Wondering or questioning
Control	Control	Trying to control
Control	Goal	Set up a goal
Control	Explain	Explanatory statements about how the system works
Contemplation/Belonging	General	Described general state
Contemplation/Belonging	Selfw	Mention of the interactive relationship between the self and the work

5.1.3 - Execução do teste

Questionário

A amostra e o perfil da população incluíu indivíduos, escolhidos de forma indiferenciada. Destes, selecionamos 5 pelo facto de apenas serem estes com acesso via email, o que permitiu esclarecer algumas das questões. Com idades compreendidas entre os 20 e 40 anos de idade, dos quais, 3 homens e 2 mulheres, maioritariamente nacional, apenas 2 provêm de outros países, incluindo uma asiática, que experimentaram de livre vontade este teste piloto. De salientar que sendo o espaço do teste um local de exposição artística, todos partilharam de uma predisposição similar.

Resultados do inquérito em 5 responderam que a máquina reagiu atempadamente (Response)

Perguntas fase “Response”:

Com isto pude concluir que as pessoas conseguem perceber que o sistema desenha de forma autónoma. Portanto os objetivos das perguntas acima foram atingidos.

Perceber se o utilizador entende aquilo que o sistema desenha.

Perceber se o utilizador entende que não pode interagir com a máquina.

A fase de “Control” não teve resultados satisfatórios, como era esperado, visto que esta peça não está desenhada para que com este algoritmo tenha interação direta com o utilizador. No entanto 5 em 5 responderam que não à pergunta que pretendia perceber se a reação é entendido como natural /consequente:

Quanto a questão relacionada com o Control mas dependente de aspetos técnicos (i.e. latência), apenas 2 em 5 não se queixaram da velocidade de reação do sistema.

2 em 5 consideraram que os momentos do desenho são pertinentes / corretamente inseridos, o que é bem visto o conteúdo final não estar concluído à data do teste.

Os resultados mais positivos, foram encontrados, curiosamente na fase de belonging “Contemplation / Belonging” e “Satisfação”.

Apesar dos defeitos técnicos, todas os utilizadores responderam 4 e 5, numa escala de 1 a 5, em que 5 correspondia a “Concordo Plenamente” à pergunta “Foi divertido ver desenhar”, Na importante questão de medição de satisfação “Gostava de.”, 2 concordam plenamente, 2 concordaram e 1 ficou neutro.

Destas 5 pessoas, apenas 2 responderam à pergunta de resposta aberta, sobre o que faltaria para a experiência ser completa:

A verificação destes resultados à luz a Trajetória de Interação, em que é indicado que falhas na interação geralmente comprometem a experiência do sistema, é apresentada abaixo.

TOI Phase	Code	Code desc / User Action	User 1	User 2	User 3	User 4	User 5
Response	Discover	Trying to discover or explore	X	X	X	X	X
Response	Notice	Realizing, noticing recognizing	X		X	X	X
Response	Wonder	Wondering or questioning		X	X	X	
Control	Control	Trying to control					
Control	Goal	Set up a goal					
Control	Explain	Explanatory statements about how the system works					
Contemplation/Belonging	General	Described general state					
Contemplation/Belonging	Selfw	Mention of the interactive relationship between the self and the work	X				
Contemplation/Belonging	EXTRA	Smiling	X	X		X	X

Figura 42- Tabela inquérito TOI

Tal como verificado no inquérito não serem satisfatórias, segundo os indicadores desta metodologia os resultados do “Control” não foram muito desenvolvidos.

No entanto, e completamente em discordância com o questionário, quase ninguém teria atingido o estado de “Belonging”. Analisando melhor a natureza das “user actions” que corresponderiam aos códigos “General State” e “Self Awareness” são mais ligadas à estética

da observação de Obras de Arte, em que o falar e interpretar o todo da Obra é o exercício “esperado”. Neste contexto, de observação, o objectivo final é ter os utilizadores desenhados pela máquina e se ficam satisfeitos com o resultado. Adicionando um código extra, relacionado com o reconhecimento facial e gravação da imagem, verificamos que 4 em 5 pessoas, solicitaram o desenho do seu retrato, o que está alinhado com os resultados positivos obtidos nas questões do questionário relacionadas com a satisfação.

Correções Imediatas: Ajustes ao questionário, como algumas pessoas não responderam algumas questões. Relativamente a Interação, como esperado não existiu, mas será tido em conta para desenvolvimentos futuros.

5.1.4 Resultados

Apesar desta máquina ter estado numa exposição dedicada à música eletrónica e arte digital, o número de visitantes ter sido de mais de 180 pessoas, verificou-se uma baixa participação dos utilizadores no inquérito. No entanto, segundo as respostas destes ao questionário verificou-se que, 100% não tinha conhecimento sobre desenho, e 67% não tinha conhecimento sobre máquinas de desenho. 100% percebeu o que a máquina desenhava e como esperado. Quanto à dualidade da autoria, 66,7% responderam que os desenhos pareciam realizados por uma máquina e os restantes 33% responderam que os desenhos pareciam realizados por humanos. Também 100% responderam que gostavam de voltar a ser desenhados com este algoritmo com uma máquina de desenho. E por fim, relativa à expressividade da linha 66,7% respondeu que foi bom e 33% muito bom.

Destes resultados, foi verificado que quanto à dualidade de autoria dos desenhos, a maioria atribuiu-a a uma máquina e que o nível de expressividade da linha nestes desenhos é boa e muito boa.

Neste sentido, foi entendido que o desenvolvimento do algoritmo para esta máquina é capaz de produzir registo pictóricos bastante expressivos, sendo que pode confundir uma minoria sobre a autoria destes.

5.1.5 – Desenvolvimentos Futuros

A pensar na continuidade deste projecto, foram sendo desenvolvido vários algoritmos separados para que possam ser um só, para dar novas possibilidades de desenho em tempo real. Foi usada a biblioteca para Processing denominada OpenCV / Processing, que permite a deteção facial através da câmara do computador ou webcam ligada a este, o algoritmo, de forma independente já funciona e deteta todos os rostos que se colocam em frente da câmara.

Após a deteção do rosto, também aplica um filtro threshold e ao clique do rato ou tecla grava a imagem do rosto que detetou.

Em desenvolvimento, está a ligação deste algoritmo com a máquina de desenho Line-us, ou seja o algoritmo já funciona de forma independente da máquina, mas ainda não consegue enviar para a máquina, para desenhar a face que detectou e gravou com o filtro threshold.

A desenvolver ainda está uma ligação com AI (desenvolver um algoritmo que utilize uma ligação e envia para a máquina desenhos como estes.

6. CAPÍTULO 6 – EXIBIÇÕES (APRESENTAÇÕES PÚBLICAS)

Tendo sido o sistema desenvolvido e realizado alguns testes em laboratório, com a Line-us, foi essencial perceber o comportamento desta máquina em cenários de teste públicos. Desta forma o convite para a participação no festival semibreve foi o grande desafio.

6.1 - Semibreve (giaco.bot) Semibreve – GNRation

A primeira apresentação ao público decorreu durante o Festival Semibreve em Braga. Logo na fase inicial pré-festival foi solicitado que a máquina desenhasse os artistas que iam atuar durante este evento internacional. Dessa forma o número e qualidade dos desenhos foram confrontados com a realidade. Além de esta máquina estar a desenhar com o algoritmo baseado em imagens predefinidas, houve a possibilidade de testar um novo algoritmo de deteção facial, para implementação futura. No entanto, apesar da afluência ao festival, o número de utilizadores que aderiu ao questionário, foi bastante reduzido, pelo que foi constatado que este festival, não foi a melhor opção para realização do teste, mas foi sem dúvida excelente para testar fisicamente que a máquina e algoritmo funcionam bem, tendo em conta que esteve non-stop durante 3 dias.

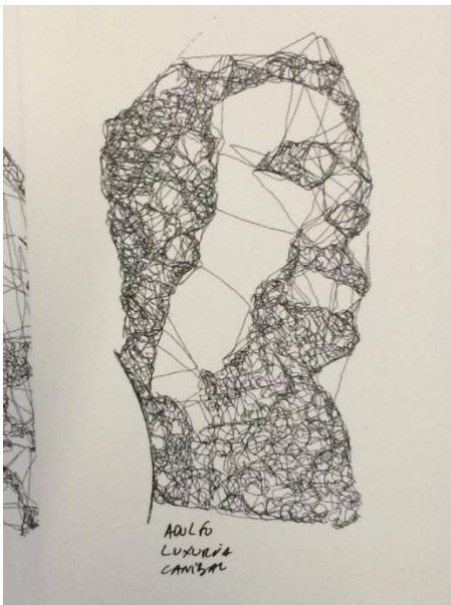
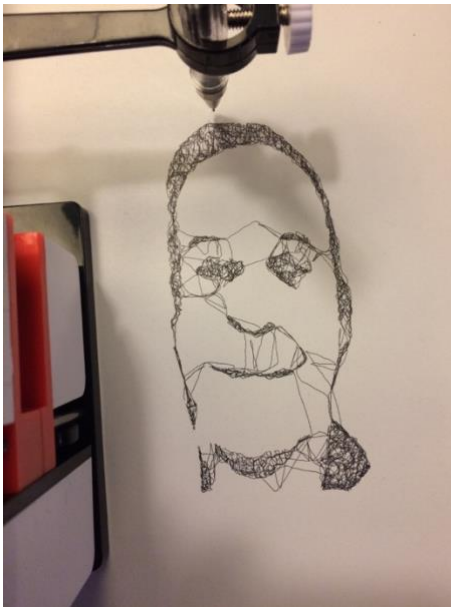
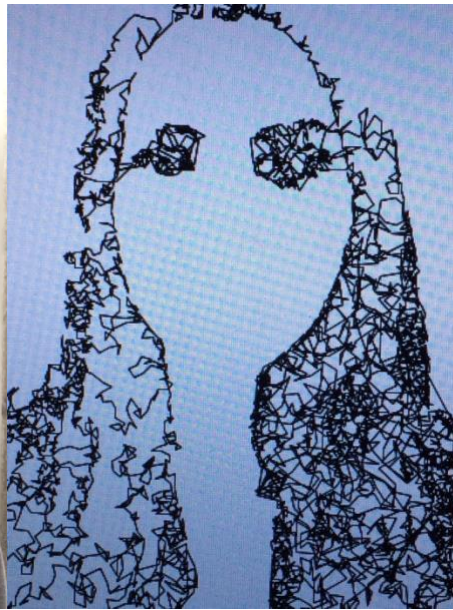




Figura 43 - desenhos Semibreve-GNRation

6.2 - Livraria Centésima Página

Esta máquina com este sistema, esteve durante uma semana, na livraria centésima página, num evento dedicado à ilustração, na cidade de Braga. Este cenário de teste foi bastante exigente para o sistema implementado, que levou à paragem da máquina por rutura de um servo-motor. No entanto, foi conseguida boa produção de desenhos e aceitação pelos utilizadores, muitas vezes voltou a ser notada a ambiguidade da autoria dos desenhos, sempre que os utilizadores viam os desenhos em separado da máquina, ficavam sem distinguir o se o autor seria a máquina ou um humano, de tal forma que foi colocado junto a esta a seguinte mensagem:

”Uma pequena máquina está a ser programada para desenhar de forma expressiva como um ser humano, de ponto em ponto de linha em linha já desenha qualquer retrato.

Venha experimentar se desenha o seu na Centésima Página...”

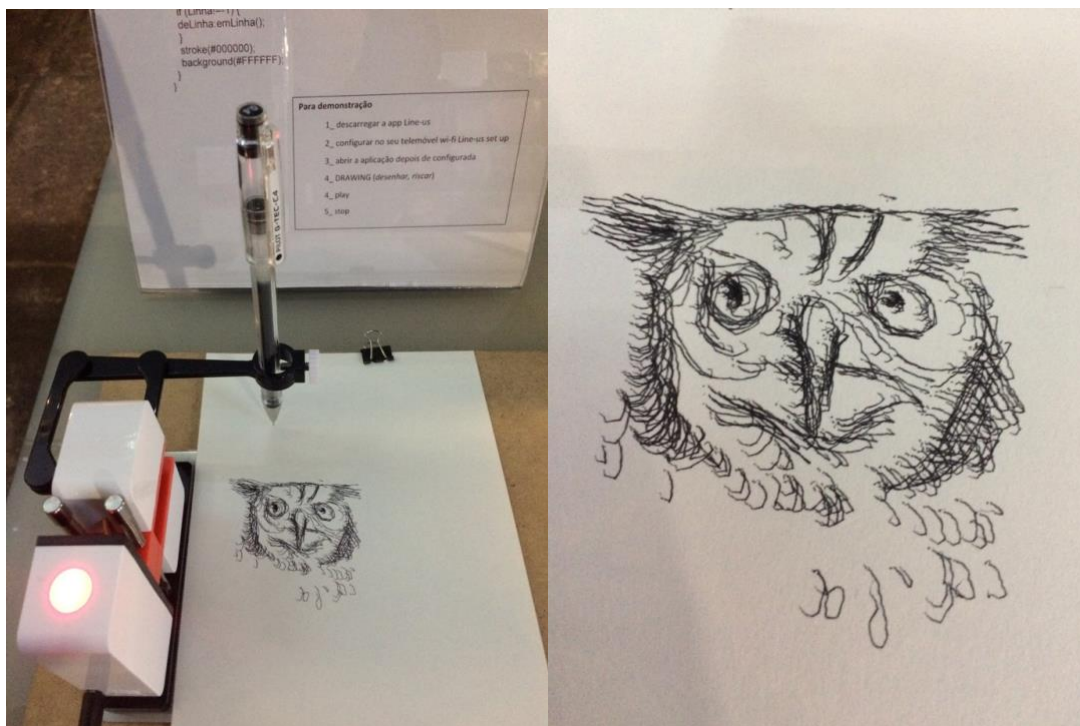


Figura 44 - desenhos - centésima página

6.3 - FBAUP

No entanto na busca de utilizadores com mais conhecimento artístico, foi acedido um convite para apresentar este sistema da máquina na FBAUP, no Processing Community Day (“PCD @ FBAUP: Ana Filipa Leal,” n.d.). Com este cenário foi posto à prova dos utilizadores a questão da expressividade da linha no desenho, que é realizada de forma mais impulsiva e emocional pelos Humanos, mas que poderia ser realizada através de algoritmos, tendo em conta que a máquina não tem capacidade emocional, mas que os registos finais pudessem ter resultados semelhantes. A mudança de riscador e suporte, como em qualquer desenho, altera-se, independentemente do movimento e algoritmo, apesar da imagem ser a mesma. Neste teste na FBAUP, pôde ser verificada a diferença da expressividade no desenho, conforme se alteravam parâmetros no algoritmo, o estado da máquina, seus riscadores e diferentes suportes.



Figura 45- Faculdade de Belas Artes do Porto



Figura 46 – desenhos efetuados na Faculdade de Belas Artes do Porto

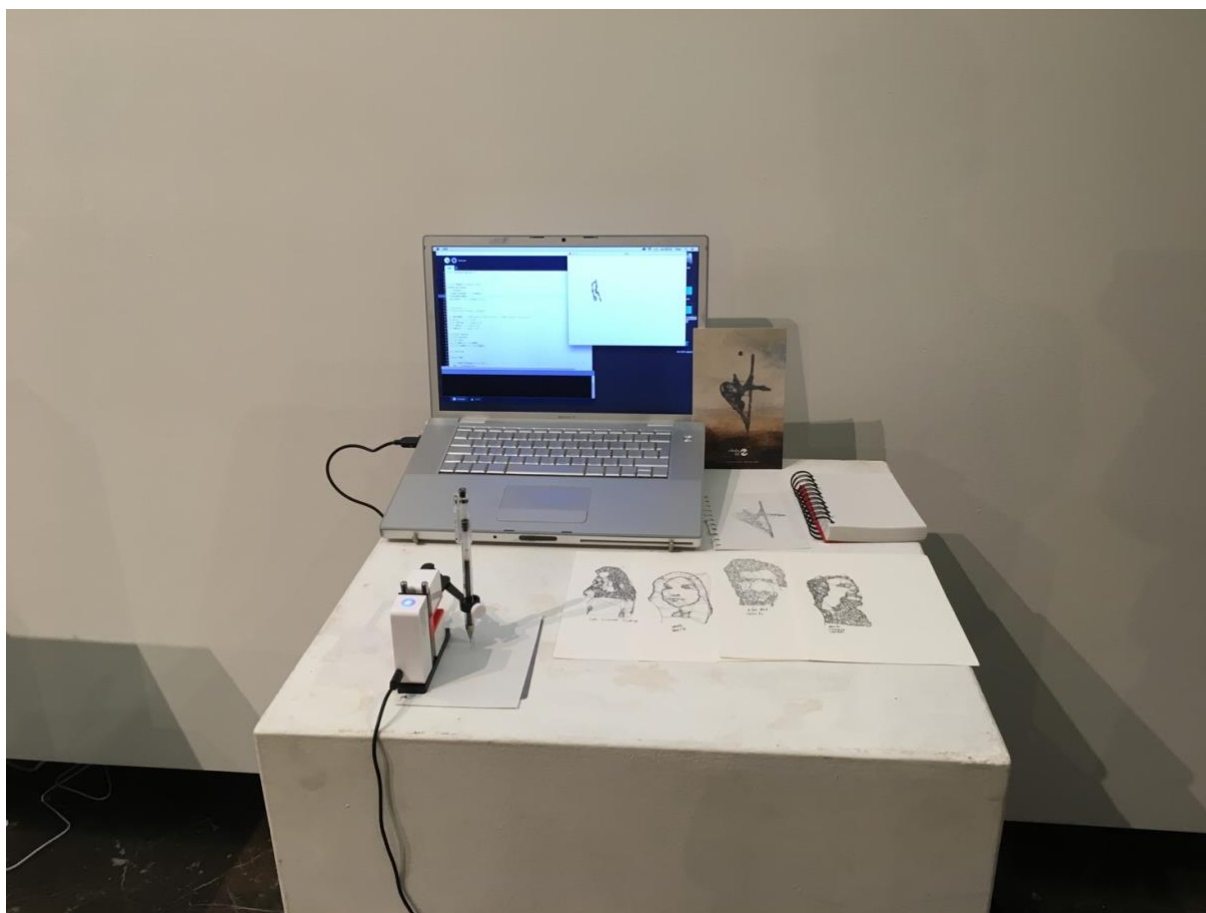


Figura 47- Faculdade de Belas Artes do Porto

6.4 - Diário Gráfico

Como foi referido, durante este processo foi criado um diário gráfico, com a utilização da máquina “Line-us”, onde foram utilizadas algumas variações de riscadores, tipos de representação de desenho, do algoritmo desenvolvido em Processing, tendo como base imagens pré-definidas.

Este diário, teve como base agrupar e consolidar a ideia e o tipo de registo dos desenhos, onde é notório e pode ser verificada a diferença na expressividade da linha.

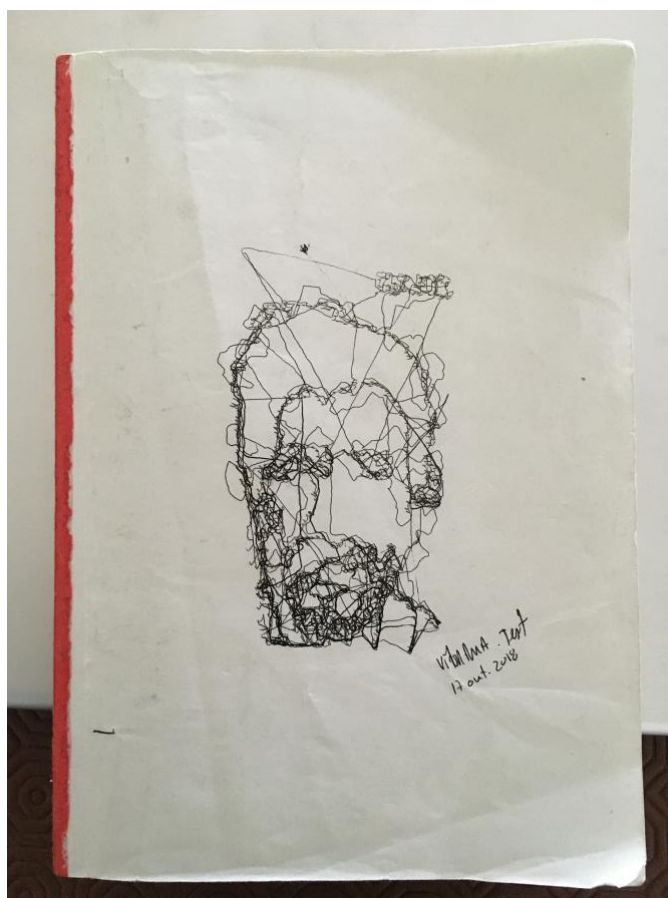


Figura 48- diário gráfico

7. – CONCLUSÃO

O ser humano sempre sentiu a necessidade de aumentar as suas aptidões técnicas. Através da história, atravessando várias civilizações, existiram mecanismos para auxiliar no desenho. Em 1206 Ibn al-Razzaz al-Jazari (Nadarajan, n.d.), identifica uma grande variedade de mecanismos autónomos.

A grande mudança foi o período do renascimento (1300-1600), período de significativas transformações presente em todos os sectores da sociedade inclusive nas artes, poderá também ser classificado como o período da idade de ouro das máquinas de desenho, nomeadamente com o desenvolvimento de novas técnicas de representação da realidade, destaca-se os novos métodos de auxílio à representação como o "Alberti Veil" ou a Câmara Lúcida; As máquinas de desenhar como os Pantógrafos, que tinham a capacidade de simultaneamente ampliar o desenho e funcionavam como uma extensão do artista.

Outros como o surgimento de mecanismos autónomos bastante complexos, que tinham a capacidade de desenhar, como os autómatos criados pelos relojoeiros suíços, Jaquet-Droz e Mailleret.

No século 20, o surgimento das máquinas cinéticas de Jean Tinguely foram precursoras das máquinas cibernéticas de Desmond Paul Henry. O início da computação gráfica nos anos 60, deu origem à programação de máquinas mais autónomas, e assim surgiram as primeiras esculturas cibernéticas e a arte robótica. A arte generativa foi extremamente influente ao longo da segunda metade do século 20 e ainda continua a ser uma influencia nos dias de hoje em trabalhos dos mais destacados artistas como Joshua Davis, Jared Tarbell, Casey Reas, Marius Watz ("Marius Watz | All Your Vectors Are Belong To Us – Artist statement," n.d.), Rafael Rozendaal, entre outros. As máquinas produzem arte em tempo real, substituindo artistas, como Angela Bulloch e Rebecca Horn demonstram com as suas obras novos sistemas.

A máquina Line-us, oferece um vasto campo de experimentação artística. Neste caso específico, foram desenvolvidos algoritmos, que puderam ser testados de várias formas e em cenários de teste diferentes. O objectivo de desenhar de uma forma expressiva, foi testado com esta máquina e com o algoritmo especificamente desenvolvido. Pode ser comprovado através dos registos no diário gráfico, as alterações da linha no desenho conforme se alteraram parâmetros no algoritmo e diferentes riscadores. Também foi

testado, que usando a mesma imagem, com variações de preto e branco, o registo altera-se, o que vem elucidar que não é apenas a máquina e o algoritmo que interferem diretamente no resultado final do desenho, mas que a qualidade da imagem base e o seu nível de threshold é essencial para a qualidade final do desenho.

Como trabalho futuro, é fundamental o desenvolvimento de novos algoritmos, que permitam novas possibilidades de desenho em tempo real. Breves experimentações têm sido realizadas com recurso à biblioteca para Processing denominada OpenCV / Processing, que permite a deteção facial através da câmara do computador. O algoritmo, de forma independente já funciona e deteta todos os rostos que se colocam em frente da câmara. Após a deteção do rosto, aplica um filtro threshold e ao clique do rato ou tecla, grava a imagem do rosto detetado. Outra fase que caracteriza o trabalho futuro, e que já se encontra em desenvolvimento, é a ligação deste algoritmo com a máquina de desenho Line-us, apesar do algoritmo já funcionar de forma independente da máquina, ainda não consegue enviar para a máquina os dados de forma a poder desenhar o retrato que detectou e gravou com o filtro threshold.

Outro objectivo futuro é interligar o presente tópico com inteligência artificial. Num artigo recente, (Ha & Eck, 2017) apresentam uma rede neuronal recorrente generativa capaz de produzir esboços de objetos comuns, com o objetivo de treinar uma máquina para desenhar e generalizar conceitos abstratos de maneira semelhante aos humanos. Sistemas emergentes que são impulsionados por sistemas de inteligência artificial, nomeadamente Machine Learning, sistemas de IA, (Moura & Ferreira-Lopes, 2017) capazes de perceber e avaliar as suas saídas, abrem novos campos para a criação de máquinas de desenho.

“Você pode não perceber, mas interage com os IAs todos os dias. Eles encaminham as suas chamadas de telemóvel, organizam os seus feeds de notícias, aprovam as suas transações bancárias e ajudam os médicos a diagnosticar doenças. Já conduzem o seu carro”. (Heaven, n.d.)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberti, L. B., Kemp, M., & Grayson, C. (1991). *On painting*. Penguin. Retrieved from <https://www.penguin.co.uk/books/341/34176/on-painting/9780140433319.html>
- Ascott, R. (2002). Roy Ascott: Behaviourist Art and the Cybernetic Vision. In *From Wagner to Virtual Reality*.
- Ashby, W. R. (1999). Design for a Brain an Introduction To. *Director*. <https://doi.org/10.2307/3006723>
- Barinka, L., & Berka, R. (2002). Inverse Kinematics -Basic Methods. *Central European Seminar on Computer Graphics*.
- Bash, E. (2003). Telematic Embrace Visionary Theories of Art, Technology, And Consciousness. In *Behaviourist Art and the Cybernetic Vision*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bialoskorski, L. S. S., Westerink, J. H. D. M., & Van Den Broek, E. L. (2009). Mood swings: An affective interactive art system. In *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02315-6_17
- Clarke, I. B., Henderson, L. D., & From, E. (2002). Cybernetics and Art: Cultural Convergence in the 1960s Edward A. Shanken In Bruce Clarke and Linda Dalrymple Henderson, Eds. *Construction*, 1–17.
- Coelho, António, Branco, Pedro, Moura, J. M. (2019). A Brief Overview on the Evolution of Drawing Machines. *Springer Nature Switzerland AG, LNICST 273*, 1–11. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16447-8_2
- Drawing isn't just an art form, it's also a tool. - Big Think. (n.d.). Retrieved November 19, 2019, from <https://bigthink.com/mind-brain/drawing-for-education>
- Drawing Machines. (n.d.). Retrieved July 14, 2018, from <https://drawingmachines.org/>
- Fernandes, P. F., Maia, S., Artes, B., Oliveira, M., Le, D. P., Neto, R. F., & Paup, A. B. (n.d.). No Title.
- Fraga, L., Coelho, A., & Branco, P. (2014). Meet the Frumbles. In *Proceedings of the 11th Conference on Advances in Computer Entertainment Technology - ACE '14* (Vol. 2014-Novem, pp. 1–4). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2663806.2663813>
- Galanter, P. (2003). What is generative art? Complexity theory as a context for art theory. *6th Generative Art Conference*. <https://doi.org/10.1080/21565503.2015.1066689>
- Garcia, P., & Levin, G. (2013). NeoLucida - Interactive Art by Golan Levin and Collaborators. Retrieved July 2, 2018, from <http://www.flong.com/projects/neolucida/>
- George, F. H., & Kerkut, G. A. (1961). *The Brain as a Computer : International Series of Monographs on Pure and Applied Biology: Zoology*. Elsevier Science.
- Gómez Molina, J. J. (2002). *Máquinas y herramientas de dibujo. Máquinas y herramientas de dibujo, 2002, ISBN 84-376-2020-1, págs. 15-82*. Cátedra. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2111297>
- HARVEY MOON. (n.d.). Retrieved December 5, 2019, from <http://harveymoon.com/>
- Kandinsky, W. (1947). Point and Line to Plane (1926). *Kandinsky: Complete Writings on Art*. <https://doi.org/loc?>
- Kushuns, J. (2012). *Watch: A Drawing Machine That Only Draws Other Drawing Machines. Co.Design*. Retrieved from <http://www.fastcodesign.com/1669570/watch-a-drawing->

machine-that-only-draws-other-drawing-machines

- Marius Watz | All Your Vectors Are Belong To Us – Artist statement. (n.d.). Retrieved November 20, 2019, from <http://mariuswatz.com/2014/03/07/all-your-vectors-are-belong-to-us-artist-statement/>
- Moura, J. M., & Ferreira-Lopes, P. (2017). Generative Face from Random Data, on “How Computers Imagine Humans.” In *Proceedings of the 8th International Conference on Digital Arts - ARTECH2017* (pp. 85–91). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3106548.3106605>
- O’Hanrahan, E. (2018). The Contribution of Desmond Paul Henry (1921–2004) to Twentieth-Century Computer Art. *Leonardo*, 51(2), 156–162. https://doi.org/10.1162/LEON_a_01326
- PCD @ FBAUP: Ana Filipa Leal. (n.d.). Retrieved November 19, 2019, from <https://pcd.fba.up.pt/2019/ac.html>
- Punter, D., & Punter, D. (2017). William Gibson, Neuromancer. In *Modernity*. https://doi.org/10.1007/978-1-137-05030-4_28
- Reichard, J. (1968). Cybernety Serendipity. The computer and the arts. *Cybernetic Serendipity. the Computer and the Arts*. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1483>
- Robinson, E. A. (1963). Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine. *Technometrics*. <https://doi.org/10.1080/00401706.1963.10490065>
- Shanken, E. A. (2001). Art in the information age: Cybernetics, software, telematics, and the conceptual contributions of art and technology to art history and theory. *ProQuest Dissertations and Theses*, 339-339 p.
- Sutherland, I. E. (1964). Sketchpad a man-machine graphical communication system. *Simulation*. <https://doi.org/10.1177/003754976400200514>
- Tresset, P., & Fol Leymarie, F. (2013). Portrait drawing by Paul the robot. *Computers & Graphics*, 37(5), 348–363. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2013.01.012>
- Vasulka, S. (1995). My Love Affair with Art: Video and Installation Work. *Leonardo*. <https://doi.org/10.2307/1576147>
- Williams, L. P. (1989). André-Marie Ampère. *Scientific American*. Scientific American, a division of Nature America, Inc. <https://doi.org/10.2307/24987112>
- Wolovich, W. A., & Elliott, H. (1984). COMPUTATIONAL TECHNIQUE FOR INVERSE KINEMATICS. In *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control*. <https://doi.org/10.1109/cdc.1984.272258>

ANEXO I – QUESTIONÁRIO

Questionário V1 : Semibreve 2018

Idade: _____ M F

Grau Académico _____

Sim

Não

~~A câmara detectou a tua cara?~~

~~A câmara gravou a tua cara?~~

A máquina desenhou a cara a câmara gravou?

Foi fácil perceber o que máquina estava a desenhar?

O desenho ficou como esperavas?

O desenho parece realizado por um Humano?

O desenho parece realizado por uma máquina?

Gostava de voltar a ser desenhado por uma máquina de desenho
com este algoritmo?

Foi divertido observar a máquina a desenhar. 1 2 3 4 5

A expressividade da linha no desenho 1 2 3 4 5

Foi divertido observar o desenho. 1 2 3 4 5

Quero ficar com o desenho. 1 2 3 4 5

Pagava para ficar com o desenho. 1 2 3 4 5

Sentiste falta de algum tipo de interação com a máquina? Qual?

Opiniões

ANEXO II – SOFTWARE

- Github // - <https://github.com/ATZCoelho/Drawings>
- Script em Processing
- Script em Processing // Reconhecimento facial